

Optimización de la planta eléctrica en embarcaciones con fuentes de generación renovable y almacenamiento eléctrico

Trabajo de Final de Grado



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:

Lola Rosa Checa

Dirigido por:

Francisco Díaz González

Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval

Barcelona, 10 julio 2019

Departamento de Ingeniería Eléctrica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona

Agradecimientos

A mi tutor Francisco, por su gran ayuda a la hora de desarrollar este trabajo, especialmente, sus enseñanzas en el uso del Matlab y por su gran entrega a los alumnos. Sin olvidar a mis padres, a mis abuelos y a mi hermana por su dedicación y apoyo.

Resumen

En este TFG se ha querido transformar una embarcación de recreo, clase B, de 15 metros de eslora, que navega en alta mar y que funciona, originalmente, a motor diésel y 8 baterías de 12 V, en una embarcación más ecológica que funcione mediante placas solares, baterías, motor diésel y generador eléctrico. El objetivo principal es optimizar la planta eléctrica de la nueva embarcación de recreo ROCH. El problema planteado es si es posible la instalación de las energías renovables en esta embarcación y si es rentable. Para resolverlo se han realizado varias investigaciones tanto de prácticas como teóricas. Los principales resultados obtenidos han sido que el ahorro de combustible al instalar las placas solares es menor del esperado; las baterías son las que más ayudan a la optimización de la planta eléctrica, pero incrementa mucho el coste y el peso del yate y que este tipo de embarcación requiere buena propulsión y las placas solares no son la mejor opción. Pero sí que lo serían en el caso de que la embarcación elegida fuese un velero.

La conclusión que se ha obtenido es que no es recomendable esta opción para este tipo de embarcación. Sí que sería factible en una embarcación más pequeña, tipo Velero, Clase C, que navega en zonas costeras ya que hacen más fondeo y aprovechan más la irradiancia del sol y, por lo tanto, la energía de las placas solares. Es una propuesta que se deja abierta por si alguien está interesado en realizar un nuevo estudio. Finalmente, a la hora de elegir un yate de recreo como el que ha sido objeto de estudio, se recomienda la fabricación desde cero en lugar de la transformación de uno ya existente.

Abstract

This dissertation presents the transformation of a pleasure craft, class B, of approximately 15 meters length, which sails on the open sea and that functions, originally, with a diesel engine and eight 12V batteries into a more efficient craft which works with solar panels, batteries, diesel engine and an electric generator. The main objective is the optimization of the pleasure craft ROCH's power plant, by combining all of the elements and making them work in the most efficient way. The raised problem is if it's possible to install renewable energy in an existing pleasure craft and if it worth it. To solve it, several investigations have been made, both theoretical and practical. The main results obtained have been a lesser than expected saving of fuel after the installation of solar panels, what serves best to the optimization of the power plant are batteries, even though they greatly increase the cost and weight of the yacht and, finally, this type of craft needs a big propulsion and solar panels are not the best choice to achieve that; although they would be enough if the chosen vessel were a sailing boat.

In conclusion, this option is not recommendable for this type of craft. It would be feasible for a smaller one like a sailing boat, class C, that sails in coastal areas since they anchor and take advantage of the solar irradiation, therefore solar panels could work properly. It's a proposal left open to anyone interested in conducting a new investigation. At last, when it comes to choosing a pleasure craft like the subject matter of this dissertation, manufacturing from scratch instead of transforming an already existing one is recommended.

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
TABLA DE CONTENIDOS	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
<u>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>15</u>
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.3 ALCANCE DEL TRABAJO	17
1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	17
<u>CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE</u>	<u>19</u>
2.1. EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN EL SECTOR NAVAL	19
2.2. CONVENIOS Y REGULACIONES	21
2.2.1 MARPOL	21
EEDI (IMPLEMENTING ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX)	23
SEEMP (SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN)	25
EEOI (ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR)	26
2.2.2 REGULACIONES EU	28
2.2.2.1 REGLAMENTO (UE) 2015/757: SEGUIMIENTO, NOTIFICACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO GENERADAS EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO	28
2.2.2.2 REGLAMENTO (UE) 1257/2013: RECICLAJE DE EMBARCACIONES DE RECREO EN LA UE	29
2.3. RESUMEN DEL CONTENIDO DEL CAPÍTULO 2	30
<u>CAPÍTULO 3. SISTEMA DE PROPULSIÓN</u>	<u>31</u>
3.1. INTRODUCCIÓN	31
3.2. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES	31
3.2.1 ENERGÍA SOLAR	31
3.2.2 ENERGÍA EÓLICA	33

3.2.4 BIOFUEL	34
3.3. HIDRÓGENO	35
3.4. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS	36
3.4.1 BATERÍAS DE PLOMO – ÁCIDO	37
3.4.1.1 BATERÍAS DE GEL	38
3.4.1.2 BATERÍAS DE ELECTROLITO ABSORBIDO	38
3.4.5 BATERÍAS DE LITIO (LiFePO ₄ -LITIO-HIERRO-FOSFATO):	39
3.4 RESUMEN Y CONCLUSIÓN DEL CONTENIDO DEL CAPÍTULO 3	41
 CAPÍTULO 4. EMBARCACIÓN DE RECREO	 42
 4.1 REQUISITOS DE LA EMBARCACIÓN IDEAL PARA EL PROYECTO	 42
4.2 EMBARCACIÓN ELEGIDA	42
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	44
4.1.2. DISPOSICIÓN GENERAL	45
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PROPULSIÓN	46
4.3.1 MOTORES	49
4.3.2 PLACAS SOLARES	53
4.3.3 BATERÍAS	54
4.4 RESUMEN DEL CONTENIDO DEL CAPÍTULO 4	56
 CAPÍTULO 5. DATOS DE ENTRADA Y DIMENSIONADO	 57
 5.1 DEMANDA	 57
5.1.1 LARGA DISTANCIA	57
5.1.2 VIAJE CORTO Y FONDEO	59
5.1.3 FONDEO	61
5.2 GRÁFICA IRRADIANCIA	63
5.3 EFICIENCIA DEL MOTOR	66
5.4 DIMENSIONAMIENTO BATERÍAS	71
5.4.1 DIAGRAMA UNIFILAR	74
5.6 RESUMEN DEL CONTENIDO DEL CAPÍTULO 5	78
 CAPÍTULO 6. OPTIMIZACIÓN	 79
 6.1. INTRODUCCIÓN	 79
6.2. RESTRICCIONES	79
6.3 CÓDIGO MATLAB	80
6.3.1 CÓDIGO DE PARÁMETROS	81
6.3.2 CÓDIGO DE CARGA Y DESCARGA DE LAS BATERÍAS	90

6.3.3 MODELO DE BATERÍA	92
6.4 MATLAB SIMULINK	93
6.4.1 GENERADOR DIÉSEL Y ELÉCTRICO	94
6.4.2 DEMANDA	96
6.4.3 PLACAS SOLARES	96
6.4.4 BATERÍAS	97
6.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	99
6.6 ESTUDIOS	103
6.6.1 AHORRO DEL COMBUSTIBLE	103
6.6.2 SENSIBILIDAD DE LAS BATERÍAS	104
6.7 RESUMEN DEL CONTENIDO DEL CAPÍTULO 6	105
 CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES GENERALES	 106
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 108

Lista de Figuras

Ilustración 1: Esquema comparando la emisión de óxido sulfúrico de los cruceros y coches.....	19
Ilustración 2: Gráfica de emisión de gases de los medios de transporte más utilizados.....	20
Ilustración 3: Áreas especiales del MARPOL (junio 2016).....	23
Ilustración 4: Factores de reducción e implementación.....	25
Ilustración 5: Proceso placas fotovoltaicas.....	32
Ilustración 6: Principales tipos de paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado.....	32
Ilustración 7: Catamarán “SoelCat 12 True ecotourism”	33
Ilustración 8: Modelo “Vindskip”.....	34
Ilustración 9: Procedimiento de las celdas de hidrógeno.....	35
Ilustración 10: Catamarán de Energy Observer	36
Ilustración 11: Batería cargada y batería no descargada de plomo- ácido.....	37
Ilustración 12: Batería de gel.....	38
Ilustración 13: Batería AGM.....	39
Ilustración 14: Batería de Litio.....	40
Ilustración 15: Disposición general de <i>modelo Gran Turismo 50 (Hardtop)</i>	43
Ilustración 16: Distribución general del Gran turismo ROCH.....	46
Ilustración 17: Modo de híbrido en estado de navegación.....	47
Ilustración 18: Modo de híbrido en estado amarre en puerto.....	48
Ilustración 19: Modo de híbrido en estado de fondeo	48
Ilustración 20: Características generales del motor.....	49
Ilustración 21: Gráfica de potencia motor Volvo.....	50
Ilustración 22: Gráfica de combustible motor Volvo.....	50
Ilustración 23: Motor Volvo IPS 600.....	51
Ilustración 24: Medidas de una placa solar.....	54
Ilustración 25: Baterías escogidas Super B.....	55
Ilustración 26: Disposición de las baterías en armarios rack en la sala de máquinas.....	55

Ilustración 27: Gráfica Potencia VS Tiempo trayecto Barcelona-Bahía de Pollença. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW	59
Ilustración 28: Gráfica Potencia VS Tiempo trayecto de Cala Gat a Cala Ratjada. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.	61
Ilustración 29: Gráfica Potencia VS Tiempo Fondeo. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.	63
Ilustración 30: Especificaciones para irradiancia Cal Gat.	64
Ilustración 31: Especificaciones para irradiancia Cala Ratjada.....	64
Ilustración 32: Gráfica de la irradiancia Cala Gat-Cala Ratjada.	66
Ilustración 33: Proceso de obtención de los valores de consumo de combustible del motor Volvo IPS 600.	67
Ilustración 34: Proceso de obtención de los valores de potencia del motor Volvo IPS 600.	67
Ilustración 35: Gráfica características del motor.	69
Ilustración 36: Gráfica Eficiencia-Potencia del motor Volvo Penta IPS 600. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW. Valores de eficiencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una eficiencia 30%.....	70
Ilustración 37: Plano diagrama unifilar.	74
Ilustración 38: Diagrama unifilar.	75
Ilustración 39: Disposición del alumbrado y tomas de corriente del yate ROCH.	77
Ilustración 40: Esquema de una batería.....	93
Ilustración 41: Diagrama Simulink.....	93
Ilustración 42: Localización generador diésel y eléctrico Simulink.	94
Ilustración 43: Generador diésel Simulink.	94
Ilustración 44: Generador eléctrico Simulink.	95
Ilustración 45: Energía generada por el motor.	95
Ilustración 46: Demanda en Simulink.....	96
Ilustración 47: Placas solares (PV) Simulink	97
Ilustración 48: Baterías Simulink	97
Ilustración 49: Bloque modelo de la batería Simulink	98
Ilustración 50: Bloque Carga y descarga batería Simulink	98
Ilustración 51: Gráfica I-V y P-V variando G y T constante.....	99
Ilustración 52: Gráfica I-V y P-V variando T y G constante.....	100

Ilustración 53: Gráfica simulación resultados finales.....	101
Ilustración 54: Gráfica irradiancia Simulink.....	102
Ilustración 55: Gráfica comparación demanda con el comportamiento de las baterías.	102

Lista de Tablas

Tabla 1: Zonas ECA y fechas de adhesión.....	22
Tabla 2: Características de las baterías de Litio.	40
Tabla 3. Características Gran turismo ROCH.....	44
Tabla 4: Resultado balance eléctrico.....	51
Tabla 5: Elementos eléctricos a 230 V.....	52
Tabla 6: Elementos esenciales y no esenciales a 220 V.	52
Tabla 7: Elementos eléctricos que van a 24 V.....	53
Tabla 8: Categorías de diseño con marcado CE.....	57
Tabla 9: Características trayecto Barcelona-Bahía de Pollença	58
Tabla 10: Potencia VS Tiempo trayecto Barcelona-Bahía de Pollença. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW	58
Tabla 11: Potencia VS Tiempo trayecto de Cala Gat a Cala Ratjada. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW	60
Tabla 12: Potencia VS Tiempo Fondeo. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.	62
Tabla 13: Irradiancia de trayecto Cala Gat-Cala Ratjada.....	65
Tabla 14: Características del motor Volvo Penta IPS 600.	68
Tabla 15: Eficiencia-Potencia del motor Volvo Penta IPS 600. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW. Valores de eficiencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una eficiencia de 100%	70
Tabla 16: Modelo 1 dimensionamiento de baterías.	71
Tabla 17: Modelo 2 dimensionamiento de baterías.	73
Tabla 18: Modelo 3 dimensionamiento de baterías.	73
Tabla 19: Leyenda de símbolos eléctricos del plano unifilar.....	76
Tabla 20: Estudio de ahorro del combustible.	103
Tabla 21: Sensibilidad de las baterías.....	104

Lista de Abreviaturas

DNV-GL: Det Norske Veritas and Germanischer Lloyds

ECA: Emission Control Areas

EEDI: Energy Efficiency Design Index

EMSA: European Maritime Safety Agency

UE: Union Europea

ICS: International Chamber of Shipping

IMO: International Maritime Organization

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

MARPOL: Maritime Pollution

OCV : Open Circuit Voltage

SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan

T&E: Transport Environment Organization

Elementos químicos

CO₂: Dióxido de carbono

NO_x: Óxido de nitrógeno

SO_x: Óxido sulfúrico

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción

Actualmente el problema más importante que tiene nuestra sociedad es el cambio climático y las consecuencias negativas que suponen para la vida en el planeta. Más del 78% de emisiones de dióxido de carbono provienen de la quema de elementos fósiles [1] y, por lo tanto, el cuidado del medioambiente es un punto a tener en cuenta a la hora de implementar un sistema o proyecto nuevo.

Como solución, se descubrieron otras energías llamadas *renovables*. Según el informe especial del IPCC [2] de mayo de 2011, dichas energías el escenario adecuado podrían llegar a suministrar el 77 % de la demanda energética mundial para el 2050.

Otro factor para detener el efecto invernadero es la intervención de los gobiernos y la realización de acuerdos y convenios entre ellos con el fin de regular la contaminación.

Por lo que hace al mundo naval, la organización Oceana [3] publicó que el 3% de emisiones de dióxido de carbono pertenecen al transporte marítimo y representan un 2,3 % [4] de la contaminación total en Europa. La energía eléctrica es la opción más utilizada por las embarcaciones de motor, ya que aun siendo originada por motores diésel permite la instalación de fuentes de energía, la suspensión efectiva del ruido, la ausencia de vibraciones y la reducción significativa del mantenimiento.

En primer lugar, el objetivo de este trabajo es transformar el modelo *Gran Turismo 50 Es light* de la marca francesa *Beneteau* en otra versión llamada *Gran turismo ROCH* con propulsión eléctrica mediante un sistema de potencia híbrida. Cabe destacar que en el proceso de transformación/adaptación del barco los servicios que ofrece la embarcación no van a ser modificados, con lo que no se disminuirá la calidad ni funcionalidad respecto al modelo original. Asimismo, no se rediseñarán las formas del casco ni el diseño interior. Con todo, no es objeto de este trabajo trabajar sobre embarcaciones diseñadas específicamente para funcionar con energías renovables, puesto que ya existen en el mercado. Lo lo que

en este proyecto se investigará, más bien, es si es factible adaptar dichas energías a un yate que esté funcionando con motor diésel.

En segundo lugar, se estudiarán diferentes métodos de obtención de energía para la propulsión, preferentemente procedentes de fuentes ecológicas (solar, eólica, el uso de hidrógeno etc). Seguidamente, se optará por la forma más óptima de acuerdo con la demanda del yate. Se debe tener en cuenta que un sistema de propulsión híbrida consta de muchas partes, las cuales, que deben funcionar bien conjuntamente. Así, el tercer y último paso es poder encontrar la configuración y dimensionamiento adecuados de cada parte del sistema para una operación de propulsión eficiente.

Finalmente, se abordará la viabilidad económica del nuevo yate objeto del trabajo. Es importante tenerla en cuenta ya que la instalación de la propulsión híbrida es mucho más costosa, si bien es cierto que, a lo largo de los años se devuelve la inversión por la reducción de combustible y costo de mantenimiento.

1.2 Objetivos

El objetivo del trabajo consistirá en optimizar las fuentes de energía para que puedan aportar la energía demandada por la embarcación de recreo escogida. Como bien se sabe, las energías renovables no son continuas ni aportan el mismo valor de energía en cada momento, por lo que se habrá de hallar el mejor modo para que estas se vayan complementando y consigan un buen rendimiento del sistema eléctrico. Las premisas que deberá cumplir para su correcta aplicación son las siguientes:

- Selección de componentes en visitas a un el sistema de propulsión que se adapte correctamente a la embarcación.
- Distribución adecuada del yate proyectada mediante en un plano AUTOCAD, lo cual incluye el uso de las diferentes fuentes de energías nuevas sin obstaculizar las ya existentes.
- Formulación del alcance de los distintos dispositivos que se estudian a lo largo del trabajo con el objetivo de analizar la función que realizan en el conjunto del sistema.
- Caracterización de la demanda general del yate, junto a un diagrama unifilar.
- Definición de la distribución más óptima de los diferentes componentes seleccionados anteriormente.
- Optimización de todo el sistema de propulsión.
- Definición de las medidas que se pueden adoptar para mejorar el modelo.

1.3 Alcance del trabajo

Por lo que hace al alcance de este trabajo, está centrado básicamente en la optimización de una planta eléctrica de una embarcación de recreo en la cual se instalaran energías renovables. La aplicación de un sistema híbrido diésel-eléctrico se ha hecho extensible en los automóviles, pero es cada vez más usual aparecen en las embarcaciones.

En definitiva, pensamos que este trabajo puede ser utilizado como base de consulta a la hora de implementar un sistema híbrido en yates de lujo o convencionales que quieran utilizar energías *eco-friendly*.

1.4 Estructura de la memoria

La memoria se basa en la plantilla confeccionada por nuestra facultad intitulada la “Guía para la elaboración de TFGs y TFM’s” (FNB-Servicio de Bibliotecas,2018) [5]; ya a su vez en la “Plantilla para la redacción del TFG/TFM” (UNE,2002), de la cual hemos tomado el formato para nuestro trabajo.

Además de los títulos que esta plantilla ofrecía se han añadido más apartados y subapartados para poder desarrollar/ articular distribuir correctamente la memoria.

En síntesis, este trabajo de final de carrera se estructura de la siguiente manera:

- En el capítulo 1, la introducción, se explican las motivaciones, los objetivos, el alcance y la estructura de la memoria.
- En el capítulo 2, se inicia el cuerpo del trabajo. Figura toda la teoría relacionada con el impacto medioambiental en el sector naval, así como las convenciones y regulaciones que la rigen.
- En el capítulo 3 se explican los sistemas de propulsión actuales junto a ejemplos de barcos ya existentes que usan energías renovables. En este capítulo, además, contiene el conjunto total de los elementos que intervendrán en la propulsión del barco.
- Seguidamente, en el capítulo 4. se definen las características del yate, su disposición general, las características de propulsión.
- En el capítulo 5, se habla sobre las entradas. En este apartado se realizan distintos gráficos con las características de las energías renovables. Asimismo, se aportan, 3 ejemplos que ilustran la energética requerida por la potencia del motor del yate, cuya curva de potencia nos llevará a

estudiar su consumo y revoluciones. Finalmente, se definen las características de las baterías y el diagrama unifilar.

- Para cerrar el cuerpo del trabajo, se ha añadido el capítulo 6 donde se introducen los datos recién apuntados en el programa MATLAB y se realiza la optimización del sistema. Este capítulo constituye el apartado más importante.
- En los últimos apartados del trabajo encontramos los apartados correspondientes a las conclusiones y la bibliografía, donde se explicarán las conclusiones más relevantes y las referencias bibliográficas consultadas.

Capítulo 2. Estado del Arte

2.1. El impacto medioambiental en el sector naval

Un informe de la Federación Europea de Transporte y Medio Ambiente [6] del año 2019 reportó que el segundo operador de cruceros más grande del mundo que navega en aguas europeas, emite 10 veces más contaminación que todos los automóviles de Europa. Estas emisiones forman aerosoles de sulfato y partículas finas que dañan la salud humana y causan la lluvia ácida y la acidificación de los mares.

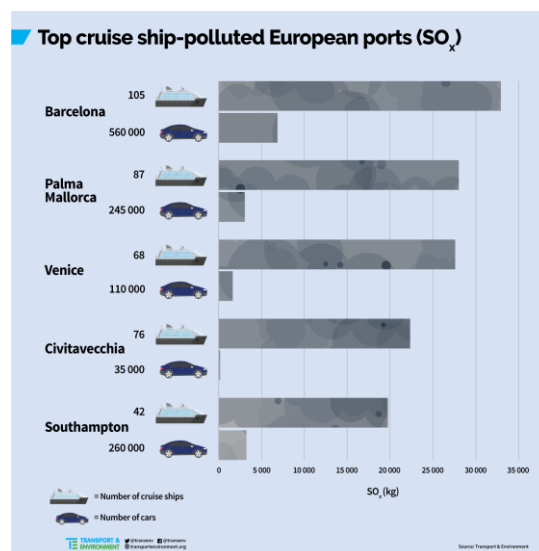


Ilustración 1: Esquema comparando la emisión de óxido sulfúrico de los cruceros y coches.

Fuente: <https://www.transportenvironment.org/news/cruise-ships-poisoning-city-air-sulphur-much-cars-%E2%80%93-new-data-reveals>

La T&E (Transport Environment Organization) afirma que los puertos que salen en la ilustración son destinos muy atractivos para los transportes regulados por los automóviles diésel, pero están dando pase gratuito a las compañías de cruceros que arrojan gases tóxicos sin ningún control. Esto provoca que Barcelona sea la ciudad que más contaminación sufre por parte de los cruceros. La UE ha prometido

que tomará medidas respecto a estos sucesos en la próxima Comisión, la cual propondrá extender las áreas de control de bajas emisiones (ECA) e instalar áreas de control.

Respecto a la contaminación de los buques a escala mundial, el último estudio realizado fue por el *Institute of Atmospheric Physics* [7] (DLR) en el año 2007, compara los niveles de dióxido de carbono (CO_2), óxido de nitrógeno (NO_x) y óxido sulfúrico (SO_x) que emiten los tres mayores sistemas de transporte:

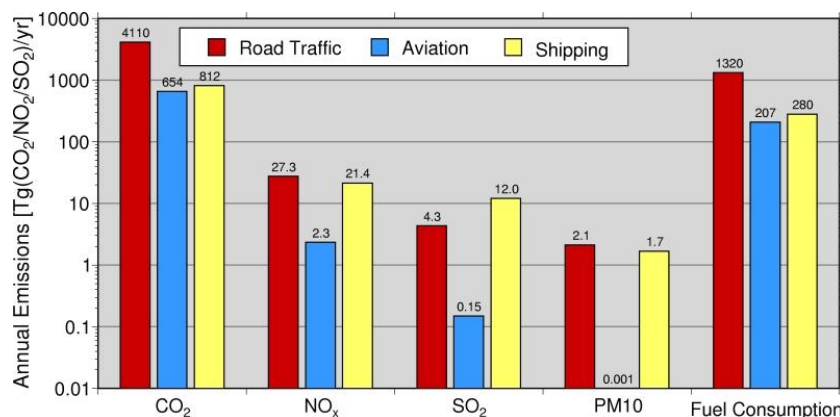


Ilustración 2: Gráfica de emisión de gases de los medios de transporte más utilizados.

Fuente: https://www.dlr.de/pa/en/desktopdefault.aspx/tabid-2342/6725_read-9763/

Como se puede observar en la ilustración 2 la industria naviera no es el más contaminante dióxido de carbono, pero sí en la emisión de óxido sulfúrico que es causado por la mala combustión del motor. Según un estudio de la OMI (Organización Marítima Internacional) de 2014 publicado por la ICS (International Chamber of Shipping) [8], el transporte marítimo internacional emitió 921 millones de toneladas de CO_2 en 2008. Después de tomar medidas técnicas y operativas, la cifra disminuyó en un 13 %. Sin embargo, la OMI amenaza que aumentarían las emisiones a 1.480 millones de toneladas en 2020 debido al aumento de demanda adicional en el transporte marítimo.

Hay dos tipos de emisiones que emite un buque [9]:

- Gases contaminantes (más perjudiciales para el transporte marítimo)
 - Óxido de nitrógeno
 - Óxido de azufre: repercute en las lluvias ácidas que si se depositan en suelo granítico las deposiciones de azufre no se neutralizan y resultan contaminantes. Un ejemplo de ello son las tierras de Escandinavia y Gran Bretaña.
- Gases de efecto invernadero

- Producen el cambio climático, CO₂, si no actúan localmente

Por lo tanto, para reducir los óxidos de azufre, que son uno de los gases más contaminantes para un buque, se ha de tratar el combustible y esto requiere más consumo de energía y, como consecuencia un aumento de emisiones de CO₂. En cambio, las emisiones de óxido de nitrógeno se reducen disminuyendo la temperatura de los cilindros y las revoluciones del cigüeñal. Esta reducción tiene un efecto directo en la eficiencia energética del motor y, por lo tanto, un consumo mayor de combustible, así como un aumento en las emisiones de CO₂.

Como se ha podido observar, el hecho de disminuir un gas contaminante implica aumentar otro. Por consiguiente, se habrán de regular desde un punto de vista holístico los gases contaminantes y los de efecto invernadero.

Con los anteriores datos expuestos, se puede llegar a la conclusión que los yates contaminan más que un vehículo. Por lo tanto, hay que proponer nuevas soluciones viables para las embarcaciones tal y como actualmente practican los gobiernos y organizaciones internacionales. Muchas empresas como Energy observer o Lade AS ya han implementado energías renovables en sus embarcaciones de recreo y así han abierto una nueva posibilidad más ecológica de navegar más

2.2. Convenios y regulaciones

2.2.1 MARPOL

Como se ha mencionado anteriormente, la OMI comenzó a implementar medidas y técnicas específicas para mejorar la eficiencia energética de los buques después del crecimiento del comercio mundial. Así pues, se formó el MARPOL, cuyos objetivos principales son combatir el cambio climático y mejorar las condiciones de salubridad.

La palabra *MARPOL* [10] proviene de la fusión de las tres primeras letras de Marine y Pollution respectivamente, y se considera una de las convenciones internacionales más importantes del medio marino. Desde que entró en vigor en el año 1983 ha habido grandes mejoras: se ha pasado de emitir 885 millones de toneladas de CO₂ en 2007 a 796 millones en 2012.

El MARPOL es fruto del Convenio del 1973 y el protocolo de 1978, pero entró en vigor en el año anteriormente dicho, en 1983. Actualmente, el MARPOL consta de 6 Anexos:

- *Anexo I: Reglas para Prevenir la Contaminación por Hidrocarburos*

- *Anexo II: Reglas para Prevenir la Contaminación por Sustancias Nocivas Líquidas Transportadas a Granel.*
- *Anexo III: Reglas para Prevenir la Contaminación por Sustancias Perjudiciales Transportadas por Mar en Bultos.*
- *Anexo IV: Reglas para Prevenir la Contaminación por las Aguas Sucias de los Buques.*
- *Anexo V: Reglas para Prevenir la Contaminación por las Basuras de los Buques.*
- *Anexo VI: Reglas para Prevenir la Contaminación Atmosférica Ocasionada por los Buques.*

El último anexo fue añadido en el año 1997 pero no fue hasta el 2005 que entró en vigor. Su última actualización fue en el 2008. Es considerado el primer acuerdo que trata sobre el cambio climático. En él limitan los óxidos de azufre (SO_x), los óxidos nitrosos (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (VOC) Además de lo anterior, están prohibidas las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO).

Otro dato que también se ha mencionado en el apartado anterior son las zonas especiales (ECA). Estas son reguladas, también, por este convenio, el cual se plantea medidas de prevención hasta donde alcanza haciéndose extensible zonas oceanográficas y ecológicas por donde se desarrolla el tráfico marítimo. En el convenio se describen como zonas abordadas en las que hay más control y protección sobre la contaminación.

Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (zonas de control de las emisiones)			
Mar Báltico (SO _x)	26 sept 1997	19 may 2005	19 may 2006
Mar del Norte (SO _x)	22 jul 2005	22 nov 2006	22 nov 2007
ECA de Norteamérica (SO _x y materia particulada)	26 mar 2010	1 ago 2011	1 ago 2012
(NO _x)	26 mar 2010	1 ago 2011 0	***
ECA del mar Caribe de los Estados Unidos (SO _x y materia particulada)	26 jul 2011	1 en 2013	1 en 2014
(NO _x)	26 jul 2011	1 en 2013	***
*** Los buques construidos el 1 de enero de 2016 o posteriormente que operen en estas zonas de control de las emisiones cumplirán las normas de nivel III sobre las emisiones de NO _x , que figuran en la regla 13.5 del Anexo VI del Convenio MARPOL.			

Tabla 1: Zonas ECA y fechas de adhesión.

Fuente: https://ingenieromarino.com/el-convenio-marpol-7378/#2-Historia_de_su_nacimiento

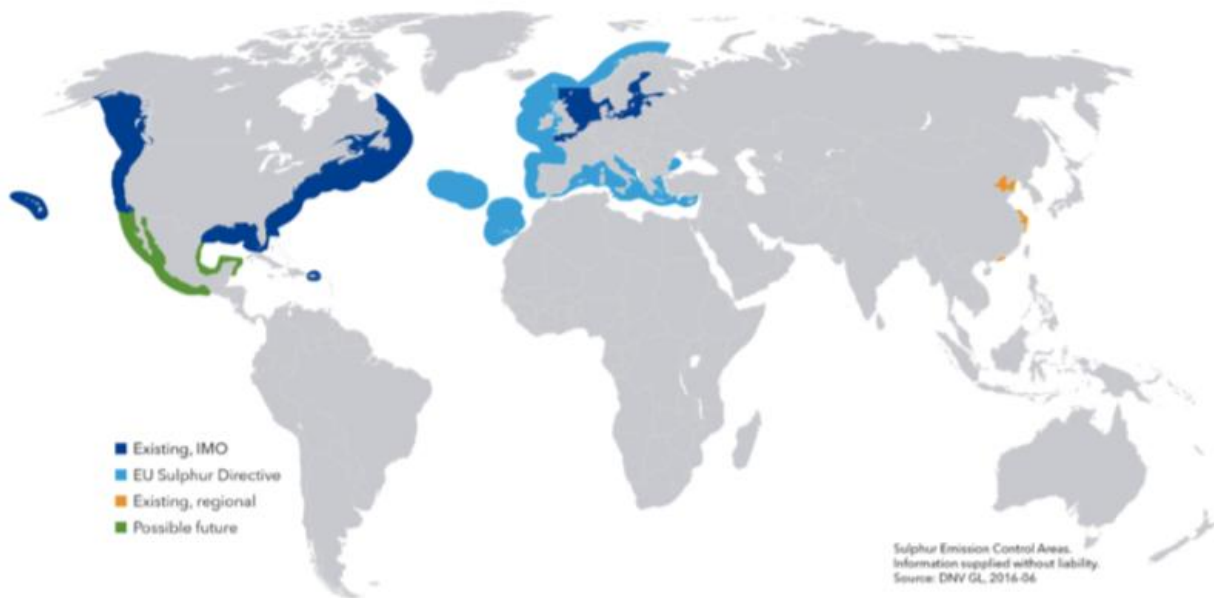


Ilustración 3: Áreas especiales del MARPOL (junio 2016).

Fuente: DNV-GL

Si un buque se encuentra en una de estas zonas de control, se examina el contenido de azufre en el fuel-oil con el objetivo de no exceder los siguientes límites fijados por el MARPOL:

1. 1,50% masa/masa antes del 1 de julio de 2010;
2. 1,00% masa/masa el 1 de julio de 2010 y posteriormente;
3. 0,10% masa/masa el 1 de julio de 2015 y posteriormente.

También se ha trabajado con índices para regular el efecto invernadero. Algunos de ellos son el Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI) para las nuevas embarcaciones y el Plan de Gestión de Eficiencia Energética del Barco (SEEMP) para todos los buques descritos en el capítulo VI del MARPOL. También existe el Indicador Operacional de la Eficiencia Energética (EEOI):

EEDI (Implementing Energy Efficiency Design Index)

Es un índice [11] aplicable a buques de más de 400 GTS cuyo contrato de construcción se firmó a partir del 1/1/2013 o bien buques entregados a partir del 1/7/2015. Con todo, se presentan algunas excepciones, como por ejemplo la de los buques del tipo RORO.

El concepto de EEDI tiene una formulación de partida relativamente simple: es el cociente entre las emisiones y las toneladas de millas transportadas. Se habrá de conseguir que los barcos por cada milla recorrida emitan una cantidad de CO₂ menor al índice EEDI estipulado en la normativa OMI.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 \text{Motores principales} & \text{Motores auxiliares} & \text{Tecnologías de ahorro energético (potencia auxiliar).} & \text{Tecnologías de ahorro de energía (potencia principal).}
 \end{array} \\
 \hline
 \text{EEDI} \\
 = \frac{(\sum_{j=1}^M f_j) (\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{ME(i)} \times C_{FME} \times SFC_{ME}) + (P_{AE} \times C_{FAE} \times SFC_{AE}) + ((\sum_{j=1}^M f_j \times \sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \times P_{AEeff(i)}) C_{FAE} \times SFC_{AE}) - (\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} \times P_{eff(i)} \times C_{FME} \times SFC_{ME})}{\underbrace{f_i \times f_c \times Capacity \times f_w \times V_{ref}}_{\text{Trabajo de transporte}}}
 \end{array}$$

Ecuación 1 Ecuación EEDI.

Fuente: <https://vdocuments.site/eedi-guidance-notes-for-clients-v30tcm155-240648.html>

$$\text{EEDI} = \frac{\text{Impacto ambiental}}{\text{Beneficio en la sociedad}} = \frac{CO_2}{\text{Trabajo de transporte}} \quad (1)$$

La línea superior de la ecuación de EEDI se caracteriza por cuatro términos clave, por lo que los términos de tecnologías de ahorro de energía pueden incluir, por ejemplo, sistemas de recuperación de calor residual o el uso de energía eólica o solar. El CO₂ producido se basa en el producto de la potencia, el consumo específico de combustible y el factor de carbono para el tipo particular de combustible utilizado.

La línea inferior de la ecuación relaciona el CO₂ total generado por cada uno de los cuatro términos, con la capacidad y la velocidad del buque. Además, hay una serie de factores de corrección que moderan la ecuación, como son los expuestos a continuación:

- Factores de diseño del buque (p. Ej. Clase de hielo y buques cisterna lanzadera)
- Factor meteorológico para disminución de la velocidad en condiciones representativas
- Buques construidos conforme a las Reglas Estructurales Comunes (CSR)
- Corrección de capacidad para buques quimiqueros y buques LNG

El cálculo del EEDI se detalla en las Directrices de 2012 sobre el método de cálculo del EEDI obtenido para buques nuevos (Resolución MEPC.212 de la OMI: 63).

Como se ha apuntado anteriormente, hay buques que no pueden cumplir el índice estipulado, por ejemplo, un crucero, ya que tiene instalaciones de hotel y consume mucho combustible por milla

recorrida. Otro ejemplo son los buques que rompen el hielo ya que necesitan mucha potencia y consumen más. También en los buques de menor tamaño existe una dispersión del índice EEDI.

Las líneas de referencia aprobadas por la OMI son las líneas representadas en la imagen siguiente. Se trata de una gráfica cuyos ejes, por un lado, representan en el eje Y los valores del índice de EEDI, por otro lado, el índice de las toneladas en el eje X.

Se puede ver que existen 4 líneas de referencia que tienen relación con los niveles máximos en función del año en el que entrarán en vigor. Progresivamente el índice se irá reduciendo a lo largo de los años (con una previsión de hasta 2025) para poder reducir el índice de emisiones de CO₂. Hay gráficas en las que se muestran unos puntos rojos que muestran los valores de EEDI para la flota de los buques.

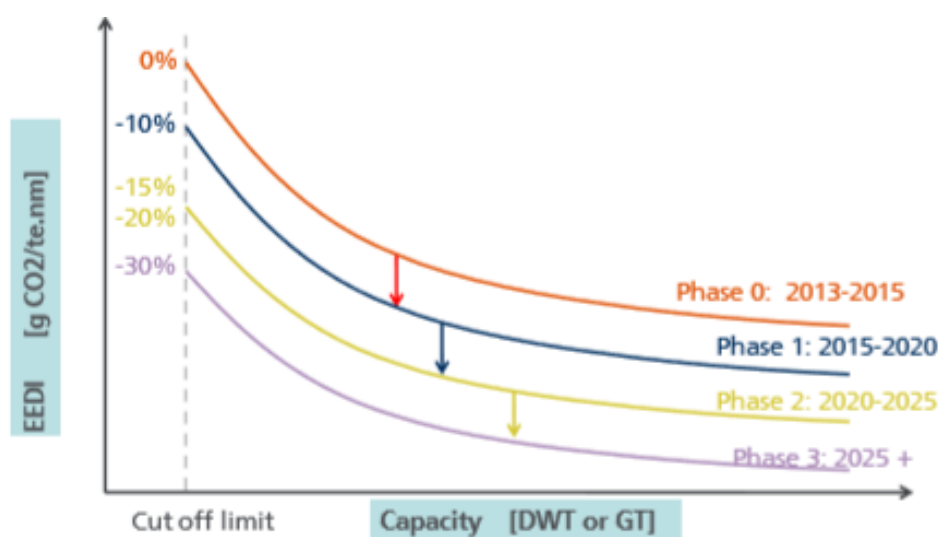


Ilustración 4: Factores de reducción e implementación.

Fuente: <https://vdocuments.site/eedi-guidance-notes-for-clients-v30tcm155-240648.html>

Estos factores de reducción se aplicarán a los tipos y tamaños de buques específicos que figuran en el Cuadro 5 del Apéndice. La Figura 1 muestra el concepto de cómo se llevan a cabo estos factores de reducción a lo largo del tiempo.

SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)

Por otro lado, tendrán que incorporar un Plan de Gestión de la Eficiencia Energética igual que el EEDI [12] . Ahora bien, es solo aplicable a buques nuevos y existentes. Este plan integral, en definitiva, tiene como objetivo permitir incentivar, a las empresas navieras, la eficiencia energética en la operación de su flota.

Se ha de realizar un plan específico para cada buque que establezca un proceso de gestión para aplicar medidas de eficiencia energética de las operaciones del buque y un proceso de mejora continua. En este plan se ha de tener en cuenta las características del buque, el tráfico en el que opera, los objetivos, la política de reducción, etc. En él, se habrá de establecer un procedimiento de gestión que permita aplicar medidas de eficiencia energética en las operaciones del buque, con lo que, además, hay incluye un proceso de mejora continua.

Asimismo, deberá incorporar en los buques, las mejores prácticas de operación energética eficiente, como por ejemplo las mejoras de gestión en la velocidad, la optimización de rutas, entre otras aplicaciones.

Realmente no se añade nada que las grandes empresas navieras no estén aplicando ya consecuencia de la subida en los precios del combustible en los últimos años, pero es una forma de estimular el uso de energías renovables a las empresas pequeñas.

El plan de gestión de la eficiencia energética se habrá de desarrollar en 4 fases

1. Planificación: una auditoria energética del barco. Identificar cuáles son las posibilidades de mejora y elegir las medidas que se quiera implantar.
2. Implantación
3. Monitorización: consiste en hacer un control de parámetros, como pueden ser la velocidad o la evaluación de, consumos, hecho que nos permitirán juzgar el resultado de la implantación de nuestras medidas, es decir, cuantificarlas positivamente.
4. Evaluación y mejora: es un proceso donde se verifican los resultados que se van obteniendo además de proponer mejoras a introducir consecuentemente.

A medida que a los buques se vayan caducando el plan de contaminación, se habrá de aplicar este nuevo.

EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator)

Se trata de un Indicador Operacional de la Eficiencia Energética (EEOI) que proporciona un enfoque para facilitar que las compañías navieras administren adecuadamente el rendimiento energético de forma eficiente.

El EEOI [13] permite a los operadores medir la eficiencia de combustible de un barco en activo y medir el efecto de cualquier cambio en la operación, una mejor planificación del viaje o una limpieza más

frecuente de la hélice, y, finalmente, la introducción de medidas técnicas (sistemas de recuperación de calor residual o una nueva hélice, entre otras).

El Indicador Operacional de Eficiencia Energética se define como la relación de masa de CO₂ (M) emitido por unidad de trabajo de transporte. Para establecer la EEOI, se necesitarán las siguientes condiciones principales:

1. Definir el período para el cual se calcula el EEOI
2. Definir las fuentes de datos para la recopilación de datos
3. Recopilar datos
4. Convertir datos al formato apropiado
5. Calcular EEOI.

Fórmula:

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{carbon}}{\sum_i m_{carga,i} \times D_i} \quad (2)$$

Donde

- j es el tipo de combustible.
- i es el número de viaje.
- FC_{ij} es la masa de combustible consumido j en el viaje i .
- CF_j es la masa de combustible para el factor de conversión de masa de CO₂ para el combustible j .
- $m_{carga,i}$ es la carga transportada (toneladas) o el trabajo realizado (número de TEU o pasajeros) o toneladas brutas para los buques de pasaje.
- D_i es la distancia en millas náuticas correspondiente a la carga transportada o al trabajo realizado.

La unidad de EEOI depende de la medición de la carga transportada o del trabajo realizado.

El transporte marítimo es una actividad intrínsecamente global y por ello su regulación se realiza a través de la OMI, que es todo el marco normativo que se ha desarrollado a lo largo de este trabajo.

Todos los países coinciden en que esta normativa sea de abasto internacional, ya que es la mejor manera de regular este método de transporte. Es evidente que el comercio internacional se vería obstaculizado si en cada puerto al buque se le exigiera una normativa diferente que incluso pudiese llegar a ser contradictoria con la de otro país

Sin embargo, existen casos en los que los países europeos a través de la comisión europea han decidido introducir normativas, en relación con las emisiones de azufre, especialmente por la tardanza al entrar

en vigor de y ser recogidas en el Anexo VI del MARPOL de forma paralela actuó la UE que incorporó una directiva propia llamada 2005/33/CE.

2.2.2 Regulaciones EU

2.2.2.1 Reglamento (UE) 2015/757: Seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas en el transporte marítimo

El reglamento que tiene la Unión Europea [14] relativo al seguimiento, notificación y verificación de las emisiones de dióxido de carbono generadas en el transporte marítimo es el Reglamento (UE) 2015/757 del Parlamento Europeo.

Este establece normativas para las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) junto con información de diversa índole respecto a los buques que amarran en puertos bajo jurisdicción de un estado miembro o bien que zarpan de ellos.

Tiene como objetivo principal promover de una forma rentable la reducción de las emisiones de CO₂ del transporte marítimo.

Para llevar a cabo su función establece un sistema de Seguimiento Notificación y Verificación (sistema SNV) de las emisiones de CO₂ basado en el consumo de combustible de los buques. Se les aplicará a aquellos buques con arqueo bruto superior a 5.000 toneladas. Posteriormente, se harán públicos los datos de emisiones de cada embarcación. Para calcular las emisiones de CO₂ se multiplica la cantidad de fuel consumido por el factor de emisión.

El presente Reglamento (UE) 2015/757 no se aplica a los buques de guerra, las unidades navales auxiliares, los buques pesqueros o buques factoría, los buques de madera de construcción primitiva, los buques no propulsados por medios mecánicos ni a los buques de propiedad estatal utilizados sin fines comerciales.

Por cada viaje realizado la empresa tendrá que llenar la siguiente información en el SNV:

- a) El puerto de salida y el puerto de llegada, incluidos el día y la hora de salida y de llegada.
- b) La cantidad y el factor de emisión de cada tipo de combustible consumido en total.
- c) El CO₂ emitido.
- d) La distancia recorrida.
- e) El tiempo transcurrido en el mar.
- f) La carga transportada.

g) El transporte.

Todos los países pertenecientes a la UE, o dentro del convenio han de cooperar e intercambiar información, ya que si un barco no cumple con la reglamentación puede ser sancionado. En caso de reincidencia se notificará a la EMSA (European Maritime Safety Agency) y se tramitará la expulsión de cualquier puerto del barco en cuestión.

2.2.2.2 Reglamento (UE) 1257/2013: Reciclaje de embarcaciones de recreo en la UE

Este reglamento publicado [15] el 10 de diciembre del 2013 en el Diario Oficial de la Unión Europea tiene como objetivos:

- Prevenir, reducir al mínimo y, en la medida de lo posible, impedir accidentes, lesiones y otros efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente provocados por el reciclado de los buques. El objetivo del presente Reglamento (UE) 1257/2013 es incrementar la seguridad y la protección de la salud humana y del medio marino en entorno europeo durante el ciclo de vida de un buque, en particular para garantizar la gestión respetuosa con el medio ambiente de los residuos peligrosos que desprende el reciclado de buques.
- Establecer normas para garantizar la gestión racional de los materiales peligrosos en los buques.
- Facilitar la ratificación del Convenio Internacional de Hong Kong [16] para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques («Convenio de Hong Kong»).

El presente reglamento no se aplica a las embarcaciones de recreo y por lo tanto, no quedan reguladas por el Convenio Internacional de Hong Kong (HKC). Esto tiene como consecuencia que más de 6 millones de embarcaciones, que representan la gran mayoría de las embarcaciones de Europa, no están controladas por ninguna normativa de reciclaje.

Se prevé un aumento considerable en la generación de residuos de fibra de vidrio. En el año 2015 [16] fueron 44.479 toneladas y la previsión para el próximo año es de unas 51.596 Tn. En España, cada año, se abandonan 2, 3 embarcaciones de recreo por puerto atracado. Siguiendo esta línea, se puede considerar que en Europa se abandonan anualmente 23.628 embarcaciones. Esto son datos estimatorios, ya que al no ser obligado el registro de cada buque no se conoce el número total de embarcaciones de recreo que hay en Europa.

Desgraciadamente, obtener el número total de las embarcaciones de recreo que hay en Europa así como la edad de cada una de ellas, es extremadamente difícil por no decir imposible. Estos, son elementos clave para poder hacer una previsión del volumen de embarcaciones que van a ser

desmanteladas en un futuro. En definitiva, todo lo que podemos obtener son meras estimaciones acerca de cuantificación total de las embarcaciones de recreo.

2.3. Resumen del contenido del Capítulo 2

En este capítulo se observa con cierto detenimiento que la contaminación que producen las embarcaciones es significativa y especialmente perjudicial para la salud humana.

Además, el hecho de que la sociedad no tenga conciencia de lo que realmente contaminan los barcos en comparación con respecto a los automóviles y aviones hace que aumente la demanda comercial. Por otro lado, quien realmente puede tomar medidas al respecto son los puertos que a su vez se rigen por las normativas del país. A pesar de todo, estos últimos años han establecido algunas regulaciones, índices y anexos para intentar mejorar la situación, aunque a un ritmo muy lento.

Otro punto a tener en cuenta es el reciclaje de las embarcaciones de recreo por su impredecibilidad. Así, al no tener acceso a datos fiables relativos a la edad y al número total de los barcos no se puede saber la cantidad de residuos que se generan, por lo que no es posible ponerle freno. Es más, la norma vigente no obliga al reciclaje total de la embarcación (tratamiento de fibra de vidrio, equipación eléctrica, mecánica y resto de materiales, etc.).

En resumen, los principales problemas a afrontar en el sector naval referentes a la contaminación son la falta de concienciación social y la escasa, si no nula, motivación para mejorar la situación actual.

Capítulo 3. Sistema de propulsión

3.1. Introducción

En los últimos años la propulsión de la gran mayoría de las embarcaciones de recreo es eléctrica. Por otro lado, las energías renovables han ido cogiendo terreno en ámbitos como el hogar o incluso en los vehículos. En este trabajo se cuestiona si es posible la implantación de energías renovables de una manera que contribuya de modo significativo a las necesidades integrales del barco.

A continuación, se estudiarán las distintas fuentes de energía renovables que existen, junto con sus ventajas y desventajas y seguidamente se examinará su viabilidad.

3.2. Fuentes de energía renovables

3.2.1 Energía solar

La energía solar [18] es aquella que proviene del Sol y se clasifica en energía fotovoltaica, solar térmica, solar pasiva, solar activa, eólico solar, termoeléctrica e híbrida. Esta energía es la más utilizada ya que la luz solar es una fuente inagotable que nos permite servimos de ella durante muchas horas y es más fácil de instalar, ya que no requiere de ambientes demasiado específicos. Además, hay mucha variación de placas fotovoltaicas en el mercado.

Este trabajo se centrará en la energía fotovoltaica, que es la que transforma la radiación solar en energía eléctrica mediante células fotovoltaicas. Su proceso de generación de energía consiste [19] en paneles fotovoltaicos que contienen materiales semiconductores cuya unión p-n está expuesta a la luz. Cuando los fotones provenientes de la radiación solar golpean a los electrones del material liberándolos de los átomos hacen que estos circulen por el material generando electricidad.

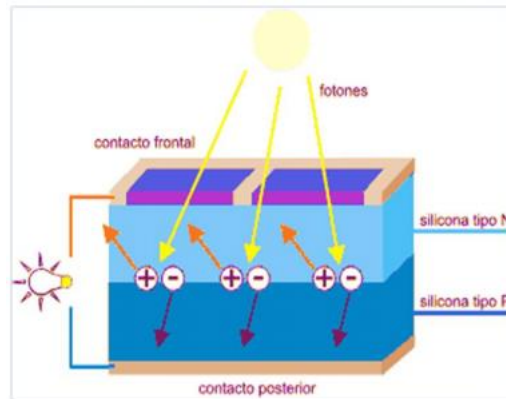


Ilustración 5: Proceso placas fotovoltaicas.

Fuente: Tesis de CHRISTIAN BELTRAN BEDOLLA

Los paneles están constituidos por células solares que están conectadas entre ellas formando un circuito en serie, hecho que (aumenta la tensión) y simultáneamente (aumenta la energía). El tipo de energía obtenida de los paneles es corriente continua, dado lo cual, se instala un inversor y/o convertidor para obtener corriente alterna.



	Monocrystalline Panels	Polycrystalline Panels	Thin Film Panels
Type			
Efficiency	14% – 18% cell efficiency	12% – 14% cell efficiency	5% – 6% cell efficiency
Temperature Tolerance	0% +5%	-5% +5%	-3% +3%
Life Time	25-30 year life span	20-25 year life span	15-20 year life span
Durability	Hail resistant 25 year P & M	25 year P & M warranty	25 year P & M warranty

Ilustración 6: Principales tipos de paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado.

Fuente: <http://www.ausindsolar.com.au/>

Finalmente, existen las células orgánicas que si bien son más económicas, menos pesadas y de mejor instalación, aún no tienen la misma o mejor eficiencia que las de silicio. A pesar de eso es una clara señal de la progresiva eficiencia de este tipo de energías renovables.

La empresa Soel-Yachts ofrece varias embarcaciones que funcionan con energía solar como la que se muestra en la Ilustración 8.



Ilustración 7: Catamarán “SoelCat 12 True ecotourism”

Fuente: <http://www.soelyachts.com/press/SoelYachts.pdf>

3.2.2 Energía eólica

Para la obtención de energía eléctrica normalmente se utiliza una turbina que, por lo regular, se acciona mediante un combustible fósil, pero en el caso de la energía eólica aquello que genera es el viento. Se trata de una energía renovable que ocupa mucho menos espacio que los paneles fotovoltaicos y que sirve igualmente para generar la misma electricidad.

La energía eólica [20] genera electricidad gracias a los aerogeneradores que son aparatos compuestos por una turbina y un generador eléctrico. Su proceso de obtención de energía consiste en la transformación de la energía cinética proveniente del viento en mecánica y mediante el generador convertir dicha energía en eléctrica gracias a la inducción electromagnética.

Actualmente, Europa produce el 72% de la energía eólica del mundo, aunque se prevé que para 2040 aumente hasta llegar a un incremento de hasta el 20% del consumo a nivel mundial. Los países con mayor producción son China, Estados Unidos, Alemania, España e India. Por lo que se refiere a las embarcaciones de acción eólica, destaca el modelo noruego “Vindskip” que hace uso de las dimensiones de los cargueros para que sea más aerodinámico y funcione mediante viento.



Ilustración 8: Modelo “Vindskip”.

Fuente: <http://www.ladeas.no/>

3.2.4 Biofuel

El biofuel [21] como fuente de energía apareció a principios del siglo XX. La diferencia de los biocombustibles respecto a la gasolina y el diésel, es que estos últimos están hechos de plantas cultivadas recientemente.

Para la elaboración del biofuel se usan reacciones químicas, fermentación y calor para poder descomponer almidones, azúcares y otras moléculas en las plantas. Muchos países hacen uso de esta energía como Estados Unidos, Brasil y distintos países europeos para realizar combustible llamado etanol.

La desventaja de esta fuente de energía es que el proceso de plantar los cultivos, aplicar fertilizantes, pesticidas y transformar las plantas en combustible conlleva un gasto muy elevado de energía que a veces no suele ser rentable. Algunos grupos de conservación optan por la conservación de dichos cultivos como alimentos y no como combustible. Esto puede deberse al hecho de que la conversión sistemática de cultivos en combustible puede afectar negativamente a las selvas tropicales y al resto de vegetación, tal y como sostiene la famosa primatóloga Jane Goodall.

La solución más factible es plantar cultivos jóvenes que contengan más celulosa para optimizar la rentabilidad del biofuel.

Existe el proyecto ReShip que apoya el uso de residuos forestales como biocombustible. El Consejo de Investigación de Noruega intenta con ello demostrar la eficiencia del biofuel para los buques grandes.

3.3. Hidrógeno

El hidrógeno es un elemento muy útil para la formación de energía debido a que el 90% de la materia del universo está formada por este elemento. Es inodoro, incoloro e insípido en su forma natural no gaseosa. Además, no es tóxico y se puede respirar sin peligro[22]. Una característica que lo diferencia de las demás energías es que no contiene el elemento H (hidrógeno) en estado puro en la naturaleza, de forma que primero hay que realizar un proceso muy costoso para su obtención.

El hidrógeno se transforma en energía mediante una reacción electroquímica y no por combustión. El hidrógeno y el oxígeno entran en la célula y proporcionan la reacción correspondiente que libera electricidad, calor y agua.

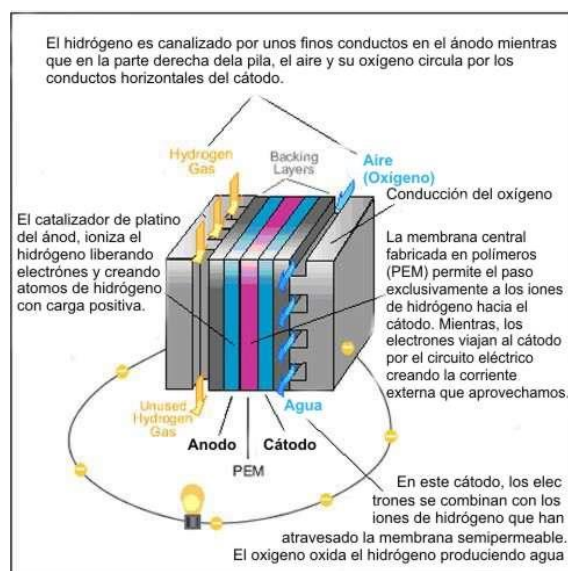


Ilustración 9: Procedimiento de las celdas de hidrógeno.

Fuente: http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Generador-Hidrogeno/Generador-Hidrogeno.htm

Como ventajas, cabe destacar una alta eficiencia energética, la discreción o el poco ruido que emite la celda y sobre todo la capacidad de poder regular la potencia y modular la energía de los sistemas en función de la demanda energética. Como desventajas destacamos [23] su obtención, lo que supone un elevado coste, junto con las técnicas de almacenamiento.

Finalmente, queremos subrayar que aún hay mucho que perfeccionar para que se implanten en zonas con una gran demanda eléctrica.

Una embarcación que solo va propulsada por celdas de hidrógeno es este catamarán, patrocinado por Toyota, y que, además, obtiene la energía procedente de las olas vía fuente solar y

eólica, hasta puede aprovechar el hidrógeno generado a partir del agua del mar. Se trata de un modelo muy innovador, pero no al alcance de todos.



Ilustración 10: Catamarán de Energy Observer

Fuente: <https://www.xataka.com/energia/energy-observer-primer-barco-impulsado-hidrogeno-inicia-su-viaje-seis-anos-alrededor-mundo>

3.4. Almacenamiento de energía mediante baterías

Los sistemas de almacenamiento de energía existentes se clasifican principalmente en tres subsistemas principales. El primer sistema es el medio físico, que hace posible almacenar energía en celdas electroquímicas. Este es el caso de, por ejemplo, una batería. El segundo es el intercambio energético entre el medio físico y el sistema exterior, por lo que también recibe el nombre de sistema de conversión de potencia (PSC). Por último, el tercer subsistema es el que gobierna la lógica de carga y descarga energética, como las tecnologías de información y comunicación.

Las baterías se utilizan, comúnmente, en las embarcaciones de recreo para la obtención de electricidad que accione el arranque del motor, para equipos eléctricos y también servicios como hélices de proa. Hay bastantes tipos de baterías en el mercado. No las abordaremos todas, sino que se explicarán tan solo las principales:

3.4.1 Baterías de plomo – ácido

Este tipo de baterías son las más comúnmente utilizadas. En las embarcaciones de hoy en día se están convirtiendo en piezas cada vez más obsoletas, puesto que se trata de una batería no estanca y que necesita mantenimiento de reponer el agua destilada. También es peligrosa porque desprende hidrógeno y oxígeno. Además, se han de mantener ventiladas para su correcto funcionamiento.

El electrodo positivo[24] puede ser de dióxido de plomo y el electrodo negativo, de plomo metal. Por lo que hace al electrolito, suele ser de ácido sulfúrico disuelto en agua y se encuentra tanto en estado líquido como en gel. La tensión que aportan es de 2 V por elemento de celda.

Las baterías de este tipo contienen un ánodo de dióxido de plomo y un cátodo de plomo metal. Por otro lado, las de plomo-antimonio tienen la característica que tienen una profundidad de descarga superior y una mayor tasa de ciclos de carga y descarga. La desventaja es que, como hemos dicho anteriormente, se ha de añadir agua destilada para disolver el electrolito y, por lo tanto, requiere un mantenimiento más continuo.

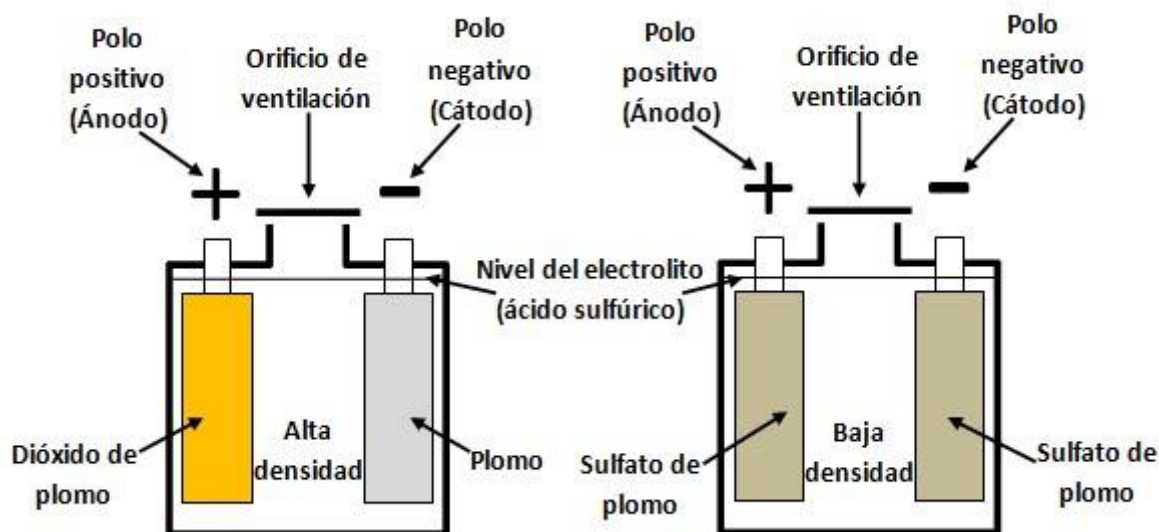


Ilustración 11: Batería cargada y batería no descargada de plomo- ácido.

Fuente: <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/baterias-plomo-acido/>

3.4.1.1 Baterías de gel

Tienen electrolito en forma de gel y por consiguiente son menos propensas a sufrir derrames líquidos. Pertenecen al grupo de las baterías ácido-plomo que se encuentran selladas por válvulas de presión. En consecuencia, nunca pueden estar abiertas cuando trabajamos con ellas.

Sus ventajas [25] son que no requieren de mantenimiento y que al estar selladas se evita la fuga de hidrógeno y oxígeno, gases que suelen ser liberados por las baterías comunes. Además, se pueden colocar en cualquier posición, aunque no es recomendable posicionarlo de forma invertida.



Ilustración 12: Batería de gel.

Fuente: <http://blog.dmu.cl/2015/09/diferencias-bateria-agm-gel-vrla.html>

3.4.1.2 Baterías de electrolito absorbido

Conocidas como AGM [26] (*Absorbed Glass Mat*), son tres veces más caras que las de plomo-ácido, pero a diferencia de las mencionadas no precisan de mantenimiento. De igual modo, no usan electrolito líquido (no se producen derrames) y se pueden poner en cualquier posición.

En las baterías de electrolito absorbido, el ácido sulfúrico es absorbido por una malla de fibra de vidrio muy fina que evita derrames. Sus formas pueden ser planas o bien enrollarse en una celda cilíndrica.

Las ventajas que ofrecen son una resistencia interna muy baja y, por lo tanto, son capaces de entregar altas corrientes y una vida útil larga. También albergan una profundidad de descarga alta. Por otro lado, son muy sensibles a la sobrecarga, como también a la baja energía específica, y deben almacenarse en condiciones de carga.



Ilustración 13: Batería AGM.

Fuente: <http://blog.dmu.cl/2015/09/diferencias-bateria-agm-gel-vrla.html>

3.4.5 Baterías de Litio (LiFePO4-Litio-Hierro-Fosfato):

Son de tamaño reducido, ligeras, seguras, acumulan grandes cantidades de energía por tamaño y peso, tienen una descarga lineal y duran entre un 50% y un 70% más que las baterías anteriores. No obstante, tienen un precio mucho más elevado que las demás y su rendimiento disminuye bastante a bajas temperaturas.

Existen principalmente 4 familias de baterías de litio-ion. Un resumen de las principales prestaciones de cada tipo se puede encontrar:

Tipo	Subtítulo	Tensión nominal (V)	Energía esp. Teórica (Wh/kg)
Plomo ácido (LA)	LA (regulada por la válvula)	2,00	170
	LA (la inundada)	2,00	170
Alcalinas	NiCd	1,30	213
	NiMH	1,30	240

Sales fundidas	NaS	2,10	783
	Na/NiCl ₂	2,58	790
Litio-ión	C/LiCoO ₂	3,6	709
	C/LiNiCoMnO ₂	3,7	837
	C/LiFePO ₄	3,3	479
	C/LiMnPO ₄	3,7	625

Tabla 2: Características de las baterías de Litio.

Fuente: Arcos Vargas, Ángel y Pérez de Vargas Cabrero, Javier (Ed). (2017). Tecnologías de almacenamiento de energía, *El almacenamiento de energía en la distribución eléctrica del futuro* (pp. 23-79). Madrid, España: Real academia de ingeniería

La tensión de la celda de Litio (3,6 V) es la más elevada respecto a los otras baterías. Esto quiere decir que tiene mucha más energía en menos volumen. También, el litio molecularmente es más ligero que el plomo y tiene una degradación más pequeña.

En las embarcaciones es recomendable que las baterías vayan trincadas y estibadas para evitar derrames en cajas de polipropileno. A pesar de todas sus ventajas, las baterías son contaminantes y hay que depender de un puerto para cargarlas.

Existen en el mercado varias baterías que provienen de las de litio como las conocidas litio fosfato que son mucho más económicas, más estables y no liberan llama. También, ya hay prototipos que permiten la experimentación como las de litio con magnesio u óxido de cobalto.

Actualmente son el grupo con más crecimiento en el mercado y mayor inversión en desarrollo y fabricación.



Ilustración 14: Batería de Litio.

Fuente: <https://foto321.com/blog/tutoriales/las-baterias-de-litio-como-utilizarlas-y-trucos/>

3.4 Resumen y conclusión del contenido del Capítulo 3

Como se ha podido observar a lo largo de este capítulo, hay muchos recursos para la propulsión del yate.

Primeramente, se han explicado las energías renovables solar, eólica y biofuel. Ahora bien, se ha descartado la energía renovable originada por las mareas al tratarse de un yate de ocio que no está destinado a estar quieto o amarrado mucho tiempo. De esta forma, las veces que esté en puerto se optará por las tomas de corriente que él mismo ofrece. Seguidamente, se definen las baterías más comunes con sus ventajas y desventajas.

Segundamente, se ha desarrollado la forma con que se instalarán placas fotovoltaicas. Se ha decidido abordarlas porque son fáciles de instalar y hay un mercado real para los yates. En la misma línea, se desestimó el resto de las energías, ya que la energía eólica requiere de zonas con mucho aire y el yate está previsto que navegue por la zona de las Islas Baleares. Por lo tanto, no sale rentable. La energía del biofuel también ha sido obviada porque no hay estudios que demuestren que la necesidad de cambiar los motores es una opción ventajosa para el proyecto.

El hidrógeno como fuente de energía no se consideró apto para las técnicas de almacenamiento a raíz de las dimensiones limitadas del yate y su precio, tan elevado, debido a su propia obtención en estado puro.

Por lo que respecta a las baterías, se decantó por las de Litio, ya que la relación calidad-precio las convierte en las mejores y, además, se caracterizan por ofrecer un gran abanico de variaciones en el mercado.

Finalmente, se decidió mantener los motores del modelo original, porque la demanda de potencia es muy elevada y ningún equipo permite ofrecer lo mismo sin modificar demasiado el casco y la disposición de la embarcación.

Capítulo 4. Embarcación de recreo

4.1 Requisitos de la embarcación ideal para el proyecto

Este proyecto va dirigido a embarcaciones de recreo cuya eslora oscile entre los 2,5 a 24 m con un máximo de 12 personas de capacidad y con fines deportivos o de ocio.¹

Los requisitos fundamentales para la embarcación son que la zona de máquinas ha de estar capacitada para la instalación del motor para la combustión interna y eléctrica, las baterías y su almacenamiento. Las placas solares han de ir instaladas en las zonas superiores de la embarcación y por lo tanto se ha de adecuar los techos para evitar caídas e inclinaciones no adecuadas para captar la irradiación solar perfectamente. Además, no han de obstaculizar las tareas tanto de los pasajeros como de la tripulación.

Finalmente, ha de seguir todas las normativas vigentes tanto de seguridad como de construcción del país para el cual navegue.

4.2 Embarcación elegida

Una vez explicados los requisitos que ha de tener la embarcación se ha hecho un estudio de los diferentes diseños de yates que se encuentran en el mercado. Después, se ha optado por rediseñar y adaptar una embarcación ya existente de la marca francesa *Beneteau modelo Gran Turismo 50 (Hardtop)* ya que no es de grandes dimensiones y su estilo es muy estándar para así poderlo adaptar a otras embarcaciones. Para referenciarse a este nuevo modelo rediseñado se le llamará *Gran turismo ROCH*.

¹ Definición de embarcación de recreo según el artículo 2.1 del RD 1434/1999 de setiembre y corroborada posteriormente por el Real Decreto 2127/2004 del 29 de octubre en su artículo 3.a)

A continuación, se muestran los planos del modelo Beneteau Gran Turismo 50 (Hardtop) obtenidos de su web en los cuales se inspiró la disposición general del nuevo yate ROCH:



Ilustración 15: Disposición general de modelo Gran Turismo 50 (Hardtop)

Fuente: Catalogo de la web <https://www.beneteau.com/es>

La empresa francesa dispone de un catálogo de venta muy detallado de lo que dispone la embarcación que se añadirá en el Anexo I, las modificaciones realizadas han sido muy pocas pero referente al material del casco, suelo y material de cada elemento seguirá igual.

4.1.1 Características generales

Las características generales de nuevo yate ROCH son las siguientes:

Características generales	
Eslora total	15,95 m
Eslora del caso	14,72 m
Manga total	4,97 m
Manga del casco	4,95 m
Desplazamiento en rosca CE	16,85 kg
Altura sobre flotación	5,34 m
Calado	1,16 m
Capacidad de agua	400 L
Potencia motor máxima	2 x 320 kW

Tabla 3. Características Gran turismo ROCH

Fuente: Propia (Plano 1 AUTOCAD)

Al final, las medidas se han modificado respecto al modelo existente, es un poco más grande tanto de eslora como manga, además la distribución general se ha modificado para introducir el camarote de tripulación y la sala de máquinas.

4.1.2. Disposición general

El Gran turismo ROCH *está* dividido en 2 cubiertas: cubierta principal y cubierta inferior. La embarcación está diseñada para 12 pasajeros y 2 tripulantes. El público al que van dirigidos los servicios del yate es familiar o/y juvenil. A continuación, se describe la disposición general de las cubiertas de proa a popa.

En la cubierta inferior se encuentra un dormitorio destinado para los niños, aunque si adjuntamos las camas se puede convertir perfectamente en una cama matrimonial. Seguidamente, a estribor se encuentra la cocina bien equipada con fogones, fregadera, armarios de almacenaje, etc. También, están las escaleras con acceso a la cubierta principal. Paralelo a la cocina hay un baño, con un plato de ducha y al lado una lavandería. Esta da acceso a la sala de máquinas mediante un pasillo, en el cual hay un armario para almacenaje. Al lado del pasillo, se encuentra la habitación principal con baño propio. Para terminar con la descripción de la cubierta inferior, al lado de la sala de máquinas se encuentra el camarote de la tripulación con su baño propio.

En la cubierta principal hay el cuadro de instrumentación con controles del motor en la pantalla digital y con espacio para la electrónica. Dispone de un asiento para el piloto y copiloto. El de este último se puede convertir en solárium. Seguidamente, se haya el salón que tiene 2 grades ventanales eléctricos, sofá para 6 -10 personas y dos mesas de madera haciendo juego con la ebanistería. El suelo es a doble altura.

Para terminar la disposición general hay que mencionar la parte superior de la embarcación que es la más importante para el proyecto ya que es donde instalaremos las placas solares.

Para verlo todo con más a detalle se realizó un plano mediante el programa AutoCAD el cual se adjunta en el Anexo II.

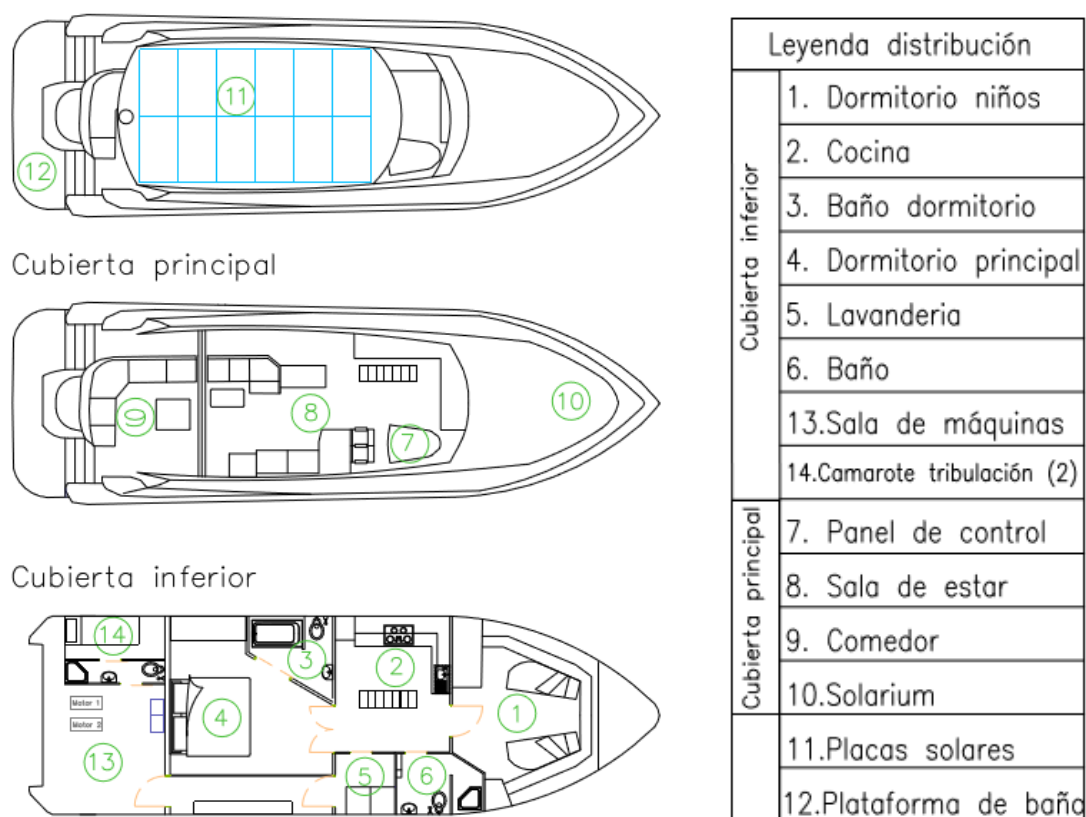


Ilustración 16: Distribución general del Gran turismo ROCH

Fuente: Propia (Plano 1 AUTOCAD)

El mayor cambio que se ha realizado es la creación del pasillo para poder comunicar la sala de máquinas y los camarotes de la tripulación sin tener que entrar por el dormitorio principal.

4.3 Características de la propulsión

Para la realización de la optimización es necesario definir y caracterizar la propulsión de la embarcación y el modelo de propulsión.

Actualmente las embarcaciones tienen distintos modelos de propulsión (mecánico, eléctrico o híbrido), pero se escogerá la híbrida que tiene como ventaja hacer un uso más flexible de las baterías y aprovechar la máxima eficiencia del accionamiento mecánico. Como se ha mencionado en el capítulo

anterior, los elementos que componen la propulsión son motor diésel, generador eléctrico, placas solares y baterías que en este apartado se definirán más profundamente.

Se han estudiado tres situaciones que experimentan las embarcaciones que son: navegación, amarre y fondeo.

Cuando la embarcación se encuentra navegando quien propulsa principalmente el yate es el motor diésel, ayudado por las baterías y las placas solares. Pero cuando el motor trabaja con grandes potencias, este podrá cargar el banco de baterías. Por otro lado, los consumidores también serán abastecidos por ellas.

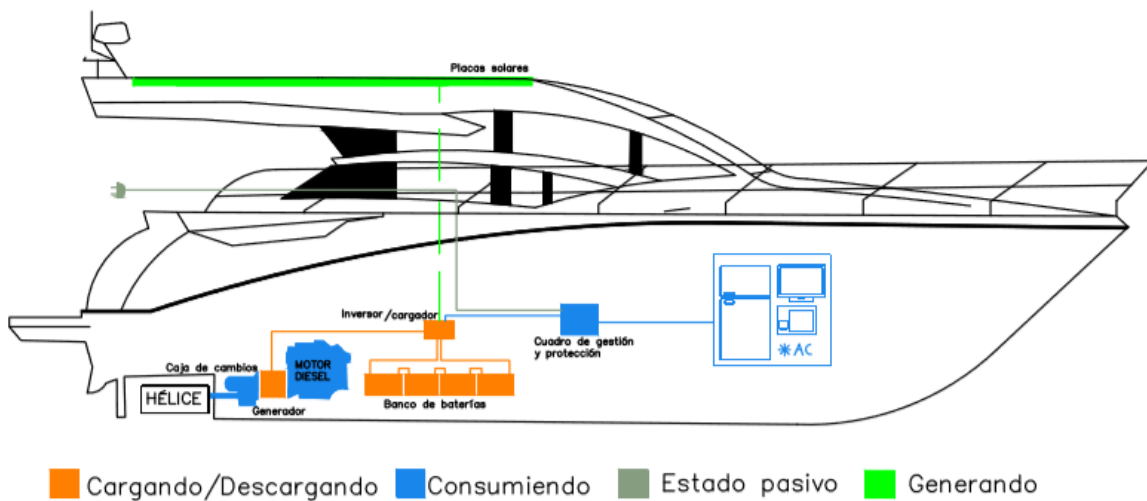


Ilustración 17: Modo de híbrido en estado de navegación.

Fuente: Propia (ANEXO III)

En el caso que este amarrado, entra en acción la carga de puerto que puede cargar las baterías, abastecer los consumos y las placas solares también aportar energía al banco de baterías.

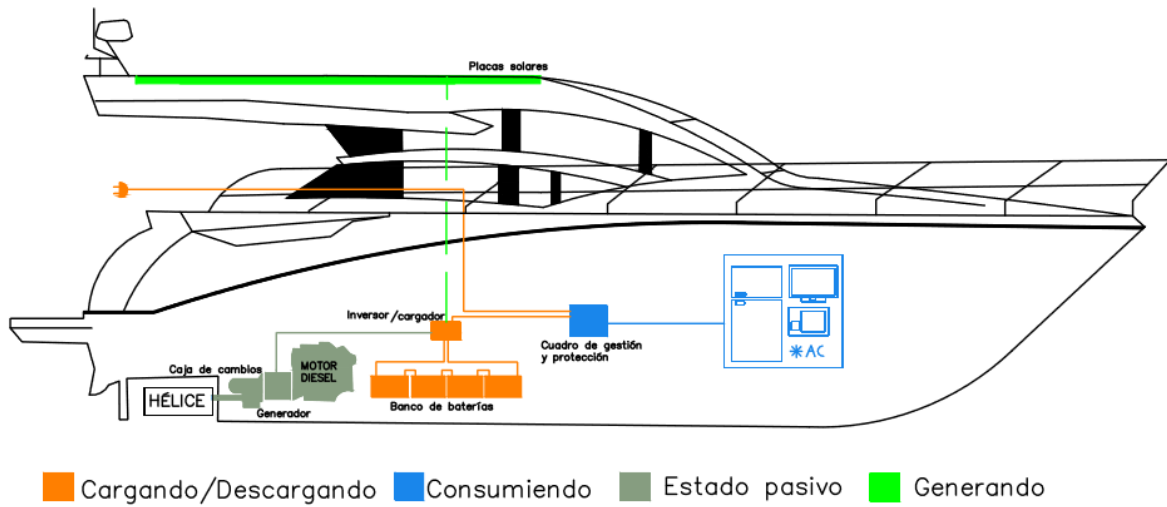


Ilustración 18: Modo de híbrido en estado amarre en puerto.

Fuente: Propia (ANEXO III)

Por último, el fondeo es una de las situaciones más comunes en la cual se cargan las placas solares, baterías y abastecer los consumidores.

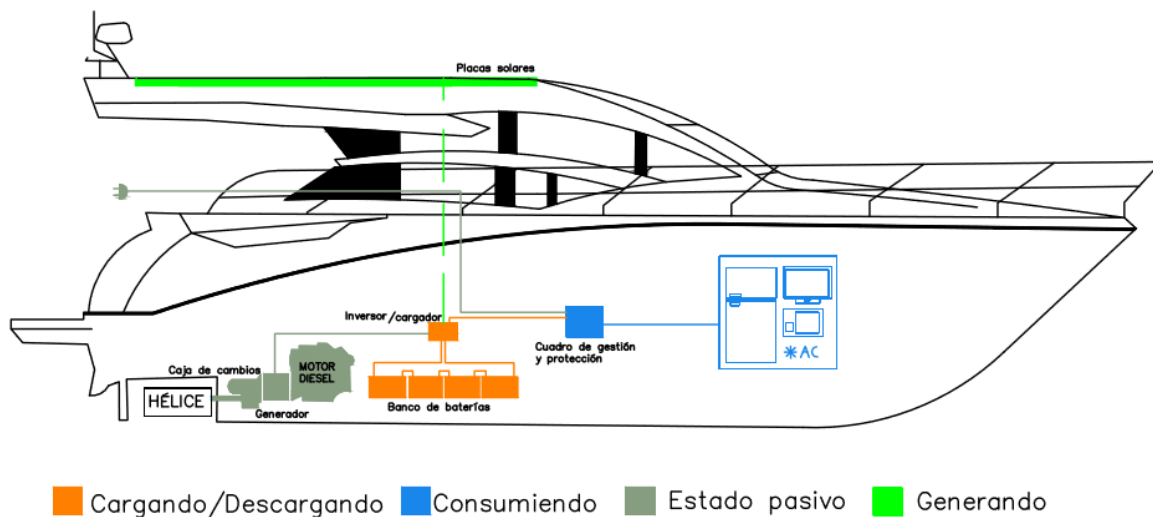


Ilustración 19: Modo de híbrido en estado de fondeo

Fuente: Propia (ANEXO III)

Cabe mencionar que el efecto es reversible, es decir, las baterías pueden cargar y luego poder ser cargadas. Las placas tendrán como prioridad ayudar a la carga del motor diésel y si este no está en funcionamiento a cargar baterías. Los consumidores generalmente recibirán la energía de las baterías.

4.3.1 Motores

Se instalarán **dos** motores diésel del modelo Volvo IPS 600 que cada uno tendrá una potencia de 320 kW sus datos generales son los siguientes:

Datos Generales	
Modelo del sistema	IPS600
Cilindrada, l	5.5
Número de cilindros y configuración	6 en línea
Potencia al cigüeñal, kW (CV) @ 3500 rpm	320 (435)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV) @ 3500 rpm	307 (418)
Aspiración	cooler,
Potencia	R5**
Peso del paquete, kg	901
Serie de hélices	T2-T10, TS3-TS6
Voltaje	12V o 24V

Ilustración 20: Características generales del motor.

Fuente: Catalogo Volvo IPS 600 (Anexo IV)

Se han elegido los mismos motores que disponía el modelo de referencia ya que se encontraron idóneas sus características para la nueva embarcación. Lo más innovador es su sistema IPS [27] (Inboard Performance System) que consiste en optimizar el giro transmitido a las palas con un conjunto de dobles hélices de giro contrario, es decir, una gira en sentido levógiro y la otra en sentido dextrógiro. Esto produce que su autonomía aumente junto a su velocidad máxima. Otro aspecto positivo es su reducción del consumo y emite menos emisiones de CO₂. Es ideal ya que buscamos una embarcación lo más limpia posible. Además, tiene la innovación de atraque con Joystick que facilita muchísimo la maniobra de atraque.

En la ficha técnica que la marca Volvo presenta se extraen dos gráficas relevantes para el proyecto, la gráfica de potencia y consumo de combustible que servirán posteriormente para encontrar el rango más óptimo de trabajo del motor:

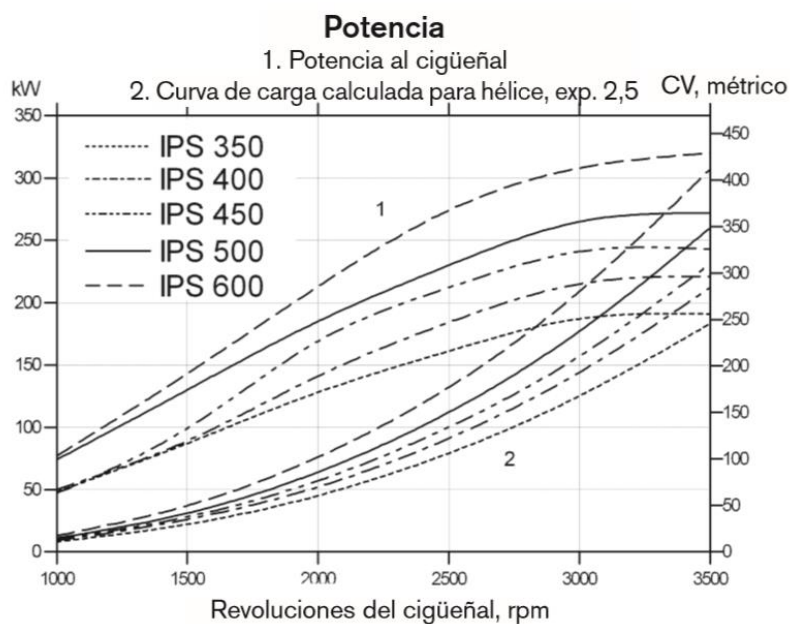


Ilustración 21: Gráfica de potencia motor Volvo.

Fuente: Catalogo Volvo Anexo IV

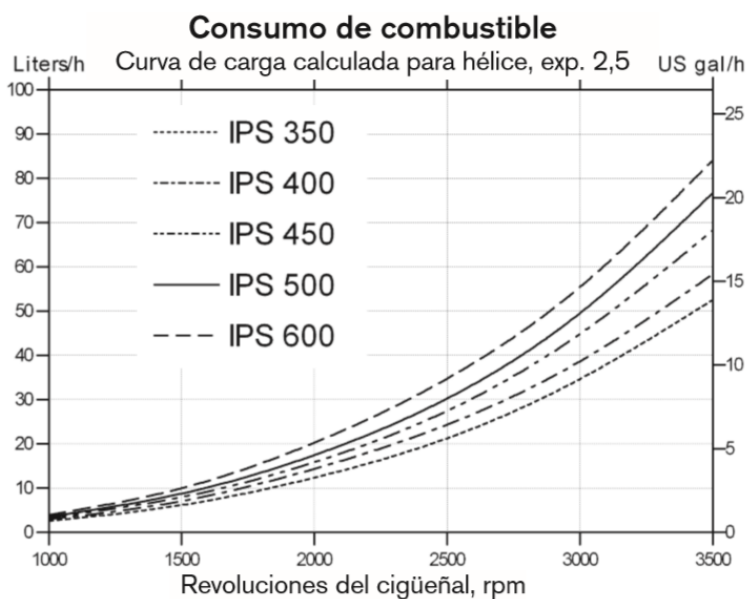


Ilustración 22: Gráfica de combustible motor Volvo.

Fuente: Catalogo Volvo Anexo IV

Referente a la disposición de los motores, se instalarán en la sala de máquinas en la zona de popa ya que es dónde se dispondrán las hélices.



Ilustración 23: Motor Volvo IPS 600

Fuente: Ficha técnica motor (ANEXO IV)

El generador eléctrico está incluido en este motor entonces no es necesario buscar uno.

Para comprobar que es un motor con un generador eléctrico idóneo para nuestra embarcación se ha realizado un balance eléctrico que tiene como resultado:

Potencia instalada	349,72	kW
Potencia demandada	193,23	kW

Tabla 4: Resultado balance eléctrico.

Fuente: Propia (ANEXO V)

Como cada motor proporciona 320 kW ideal para la embarcación. Para más detalle sobre el balance está en el Anexo V.

Para la realización de este balance se han instalado equipos que nuestra embarcación debe tener en función de la disposición general. Cabe mencionar que lo que se muestra a continuación son los elementos que tiene ROCH y que en cada uno de estos se encuentran los equipos que están especificados en el balance eléctrico. Las tensiones que se han implementado para los equipos son 230, 220 y 24 voltios:

Elementos (230V)
BB.Estabilizadora

Tabla 5: Elementos eléctricos a 230 V

Fuente: Propia (ANEXO VII)

Elementos esenciales (220V)		Elementos No Esenciales (220V)	
SAV/E	Salvamento y evacuación	DULC	Agua dulce
CI	Contra incendios	COCI	Cocina
ACHIQ	Achique	GAMZ	Gambuzas
VENTI	Ventilación	ELEV	Medios de elevación
NV/CM	Navegación y comunicaciones	BASU	Tratamiento de basuras
DET	Detección y alarma	TALL	Taller
P.ESTC	Gateway	LAV	Lavandería
A.EMG	Alumbrado de emergencia	A.FOND	Amarre y fondeo
PRO./L.NAV	Proyectores y luces de navegación	TOM	Tomas
CONV	Convertidor	CAL	Calentador de agua
SAN/SUC	Agua sanitaria y sucia	AUD/VID	Audio y vídeo
SERV	Servomotor		

Tabla 6: Elementos esenciales y no esenciales a 220 V.

Fuente: Propia (ANEXO VII)

Elementos (24V)	
TOM	Tomas
MOLI	Molinete
CAB	Cabestrante
CARG	Cargadores baterías
ALUM	Alumbrado
	HÉLICE DE PROA

Tabla 7: Elementos eléctricos que van a 24 V.

Fuente: Propia (ANEXO VII)

4.3.2 Placas solares

Las placas solares son uno de los elementos más importantes del trabajo y es necesario un apartado donde explicar sus dimensiones, la energía que pueden crear, su colocación etc.

Como se puede ver en el plano de disposición general del ROCH las placas se han instalado en la parte superior de la embarcación. Hay muchos modelos ya existentes los cuales han optado por este lugar ya que es una zona que no molesta a la gente embarcada, que se trata de una zona plana y que puede ir perfectamente agarrada. Además, se trata de un lugar cuya irradiación solar está más directa y más tiempo. Unos ejemplos de embarcaciones [28] que optan por este método son el catamarán Turanor que realizó la vuelta al mundo, Auriga Leader que fue diseñado por empresas japonesas, Solemar que es una empresa española de catamaranes solares con sede en Mallorca y por último un barco solar pequeño llamado The Loon.

Hay una empresa que proporciona placas solares especializadas para las embarcaciones se trata de la empresa Autosolar [29].

La elección final ha sido el un panel solar policristalino de la marca Bauer Energy modelo BSP275P. Ofrecen una potencia máxima de 275 W y en cada placa se encuentran 60 piezas policristalinas. Para la embarcación se han colocado 12 placas divididas en 2 filas en la parte superior de la embarcación sus medidas en total son 5,69 metros de largo y 3,28 m de ancho unos 18,66 m².

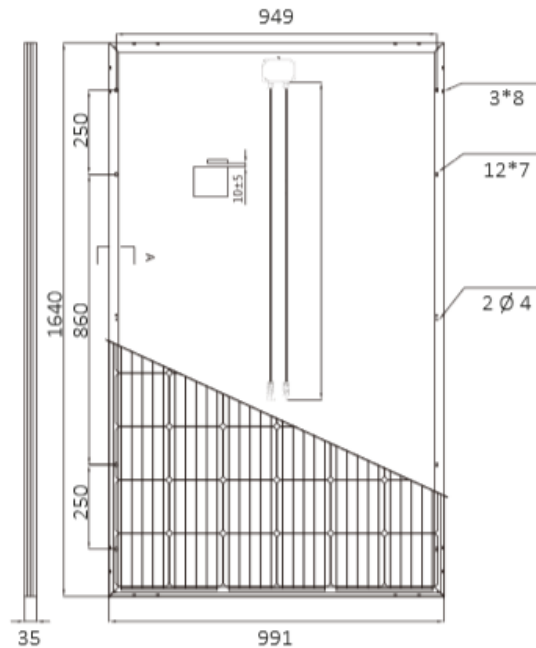


Ilustración 24: Medidas de una placa solar.

Fuente: Ficha técnica de Bauer Energy modelo BSP275P (Anexo VI)

En el Anexo VI se encuentra la ficha técnica de las placas escogidas con toda la información necesaria.

4.3.3 Baterías

Las baterías en este circuito eléctrico toman un papel importante y por ello se escogerán las baterías de mayor calidad que son las de células de litio - fosfato de hierro, a pesar de su elevado coste (LiFePO4). Dentro del mercado de la venta de baterías se ha elegido la marca holandesa *Super B*. Se han escogido porque son ligeras (su energía específica alcanza los 200 Wh/kg, mientras que esta ratio no supera los 40 Wh/kg para las baterías de plomo-acido, de bajo coste), tienen baja tasa de auto descarga y una vida útil (número de ciclos de carga y descarga) mucho más elevada que para el resto de tecnologías elegibles (por ejemplo, se puede superar los 10.000 ciclos dependiendo de la velocidad de carga).



Ilustración 25: Baterías escogidas Super B.

Fuente: www.nauticayyates.com

Las baterías escogidas específicamente son SUPER B LITIO SB12V160E-ZC (ANEXO IIX) instaladas en serie y en paralelo en la sala de máquinas para alcanzar los niveles de tensión y corriente requeridos. El precio de estas es bastante elevado respecto a otras (2400€ aprox. unidad) que están en el mercado ya que tienen dentro ellas un sistema eléctrico llamado BMS (Battery Managment System) que permite gestionar la batería recargable, son muy ligeras y de carga muy rápida, alta capacidad, mayor cantidad de ciclos (10.000 ciclos en comparación de los 500 ciclos de AGM) y casi sin mantenimiento. Se tratará de un paquete de baterías inteligente que se podrá cargar con un cargador regular de AGM.



Ilustración 26: Disposición de las baterías en armarios rack en la sala de máquinas.

Fuente: <https://www.olasolar.com/baterias-de-litio/byd-b-box-25kwh-48v.html>

4.4 Resumen del contenido del Capítulo 4

En este capítulo se han definido más detalladamente las características de los elementos que intervienen en la optimización de la planta eléctrica y donde se han instalado.

El motor es de la marca más popular en las embarcaciones; Volvo Penta. El modelo IPS 600 uno de los mejores valorados por los clientes y que emite menos gases de CO₂. El generador va incluido en los motores así que no se ha escogido otro ya que la potencia que entregan es suficiente, como se ha comprobado con el balance eléctrico.

Las placas solares son las que producen 275W como máximo de potencia por placa e instaladas en la parte superior del yate. Son 12 placas en total que podrán ofrecer 3.3 kW al sistema.

Las baterías son unas de las más caras que hay en el mercado de Litio, un gran inconveniente, pero sus características son ideales para nuestra embarcación y se decidirá al acabar la optimización el número de estas, en caso que sean muchas se recomendará otro modelo.

Capítulo 5. Datos de entrada y dimensionado

5.1 Demanda

La demanda es una de las entradas que contiene el programa de optimización y por lo tanto se ha de escoger la potencia más idónea. Se han estudiado tres rutas diferentes que realizan los yates normalmente. Se escogerá aquella que tiene más variación y puedan intervenir todos los elementos de propulsión.

5.1.1 Larga distancia

El primer trayecto es Barcelona-Bahía de Pollença, una distancia larga. Este viaje lo puede realizar nuestro yate ya que tiene zona de navegación 2 y categoría B de certificado CE.

Categorías de diseño con marcado CE
A: Oceánicas (Viajes largos, autosuficientes en gran medida)
B: Alta Mar (Viajes en alta mar)
C: Aguas costeras (Viajes en aguas costeras, grades bahías, grandes estuarios, lagos y ríos)
D: Aguas protegidas (Viajes en aguas costeras, pequeños lagos, ríos, canales, puertos, radas y aguas protegidas en general)

Tabla 8: Categorías de diseño con marcado CE.

Fuente: <https://www.fomento.gob.es/marina-mercante/nautica-de-recreo/documentacion-administrativa/marcado-ce/el-marcado-ce-de-las-embarcaciones-de-recreo>

Caraterísticas trayecto		
Potencia	320	kW
Distancia	110	millas
V.crucero	27,50	millas/h
	27,47	KN
	50,88	Km/h

Tabla 9: Características trayecto Barcelona-Bahía de Pollença

Fuente: Propia

La velocidad de crucero se ha estimado a partir de otras embarcaciones con las mismas características y dimensiones. Una vez tenemos dicha velocidad podemos determinar el tiempo que se puede demorar en realizar el viaje. En este caso, se decidió que el trayecto puede tardar 5 horas.

Barcelona-Bahía de Pollença	
Potencia (p.u)	Tiempo (h)
0	0
0,63	1
0,86	2
0,63	3
0	4

Tabla 10: Potencia VS Tiempo trayecto Barcelona-Bahía de Pollença. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW

Fuente: Propia

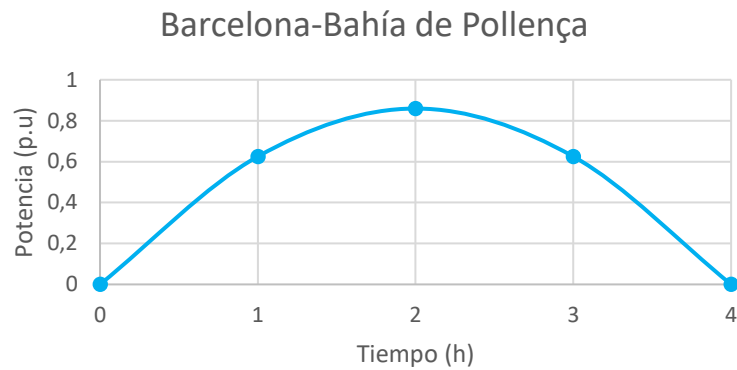


Ilustración 27: Gráfica Potencia VS Tiempo trayecto Barcelona-Bahía de Pollença. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW

Fuente: Propia

Como podemos observar la gráfica tiene pocas variaciones de demanda eléctrica, muestra que al inicio se va aumentando hasta llegar a su potencia máxima y a medida que va llegando a su destino se va reduciendo la velocidad y con ello la potencia del motor. Este ejemplo no será muy útil, a pesar de ser una larga distancia, ya que principalmente será propulsado por el motor diésel y como mucho cuando llegue a su pico de demanda cargará las baterías.

5.1.2 Viaje corto y fondeo

El segundo trayecto es un viaje más corto, pero con más horas de estadía. Se tiene previsto ir de Cala Gat a Cala Ratjada (Mallorca) pero entre cala y cala fondear y pasar la noche en alta mar. De la misma manera que en el ejemplo anterior se ha estimado la velocidad y luego el tiempo que puede tardar en llegar a alta mar. En este caso se ha estimado 2 horas.

Cala Gat - Cala Ratjada	
Potencia (p.u)	Tiempo (h)
0,00	0
0,86	1
0,70	2
0,63	3
0,47	4
0,47	5
0,47	6
0,47	7
0,63	8
0,63	9
0,63	10
0,63	11
0,47	12
0,47	13
0,31	14
0,31	15
0,31	16
0,31	17
0,31	18
0,31	19
0,31	20
0,47	21
0,63	22
0,70	23
0,86	24
0,00	25

Tabla 11: Potencia VS Tiempo trayecto de Cala Gat a Cala Ratjada. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW

Fuente: Propia

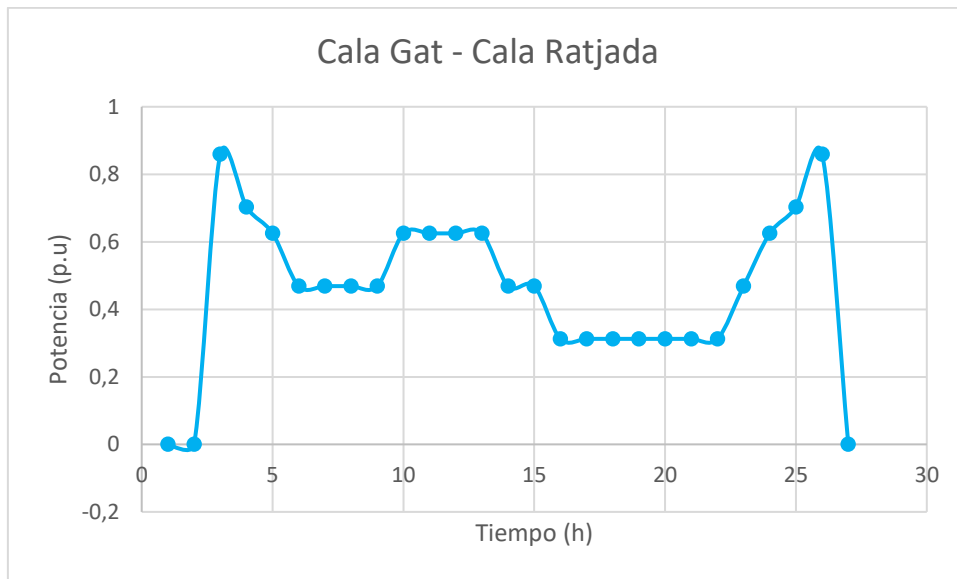


Ilustración 28: Gráfica Potencia VS Tiempo trayecto de Cala Gat a Cala Ratjada. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.

Fuente: Propia

La gráfica sale más divertida que en la anterior, tiene picos y bajadas de demanda de potencia lo cual significa que el motor trabaja, las baterías también y las placas solares se podrá ver su aportación ya que hay horas diurnas y nocturnas. En resumen, es un buen trayecto para estudiar.

5.1.3 Fondeo

Por último, se ha escogido el fondeo. En este caso se estará también 26 horas y pasará la noche.

Fondeo	
Potencia (p.u)	Tiempo (h)
0,00	0
0,47	1
0,47	2
0,47	3
0,47	4
0,47	5
0,47	6
0,47	7
0,47	8
0,47	9
0,63	10
0,63	11
0,63	12
0,63	13
0,63	14
0,31	15
0,31	16
0,31	17
0,31	18
0,31	19
0,31	20
0,47	21
0,47	22
0,47	23
0,47	24
0,00	25

Tabla 12:Potencia VS Tiempo Fondeo. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.

Fuente: Propia

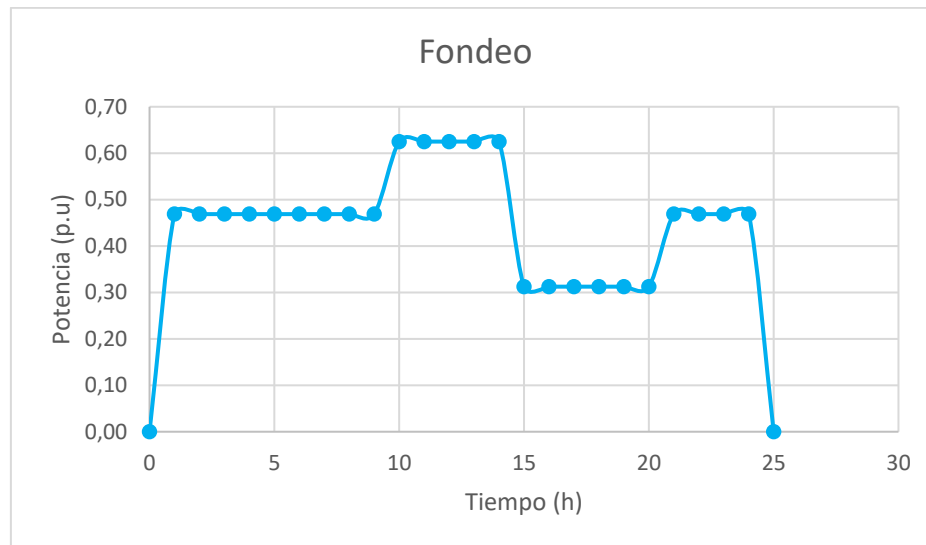


Ilustración 29: Gráfica Potencia VS Tiempo Fondeo. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW.

Fuente: Propia

La gráfica de fondeo resulta también interesante por el hecho de que las placas solares no estarán activas todas las horas.

En conclusión, se estudiará el caso de viaje y fondeo ya que en este también incluye el tercer ejemplo. Se ha desestimado el de estar en puerto ya que en este se cuenta con una red eléctrica que puede abastecer todo. La gracia de este trabajo es estudiar los elementos entre ellos y ver si el programa los optimiza.

5.2 Gráfica irradiancia

Una vez escogida la demanda de potencia a estudiar se mirará la irradiancia que recibirán las placas cuando realicen el trayecto. Se ha utilizado la aplicación web, de acceso abierto, PVGIS [30] en la cual reúne la irradiancia de cada zona terrestre del mundo en cualquier mes, hora y día. A pesar que nuestro viaje es marítimo se asume que la irradiancia es la misma que en la zona terrestre donde más cerca este, es decir, si se está más cerca de Cal Gat se pondrá su irradiancia y si está más cerca de Cal Ratjada la otra. En este caso en concreto al ser destinos muy cercanos la irradiancia no varía de uno a otro y por lo tanto se asume la misma irradiancia en el mar.

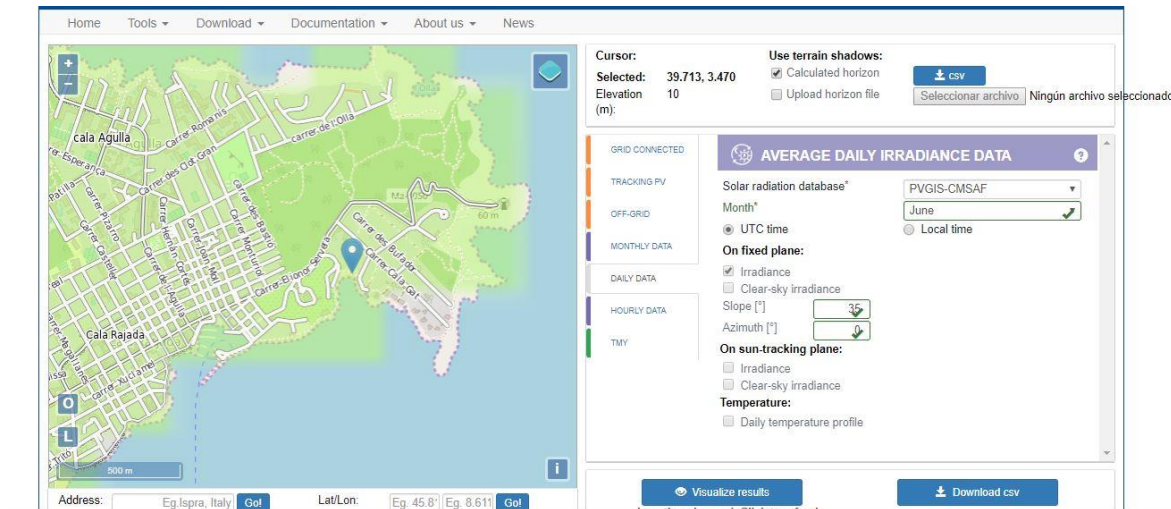


Ilustración 30: Especificaciones para irradiancia Cal Gat.

Fuente: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

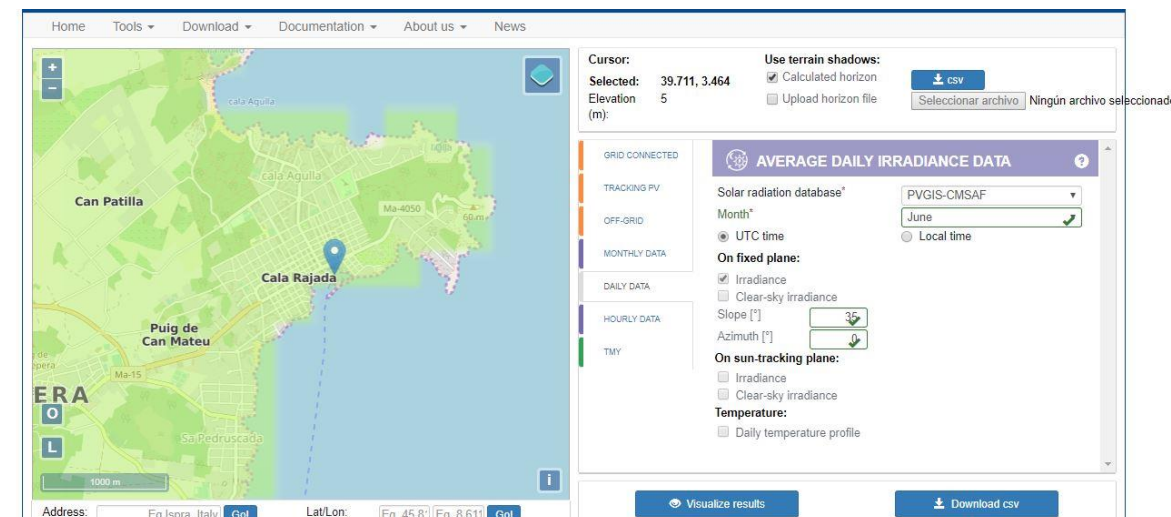


Ilustración 31: Especificaciones para irradiancia Cala Ratjada.

Fuente: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Como se puede observar en las imágenes se define el mes de junio, placa policristalina y obtenemos una gráfica con la irradiancia en horas. Como en nuestro modelo de demanda empieza por la tarde, se escogerá el rango de las horas establecidas en la demanda. Se obtiene la siguiente gráfica:

Irradiancia	
Irradiancia (W/m2)	Tiempo (h)
464	7:45
646	8:45
786	9:45
873	10:45
894	11:45
838	12:45
747	13:45
604	14:45
412	15:45
219	16:45
45	17:45
9	18:45
0	19:45
0	20:45
0	21:45
0	22:45
0	23:45
0	0:45
0	1:45
0	2:45
0	3:45
22	4:45
83	5:45
265	6:45
464	7:45
646	8:45

Tabla 13: Irradiancia de trayecto Cala Gat-Cala Ratjada

Fuente: Propia

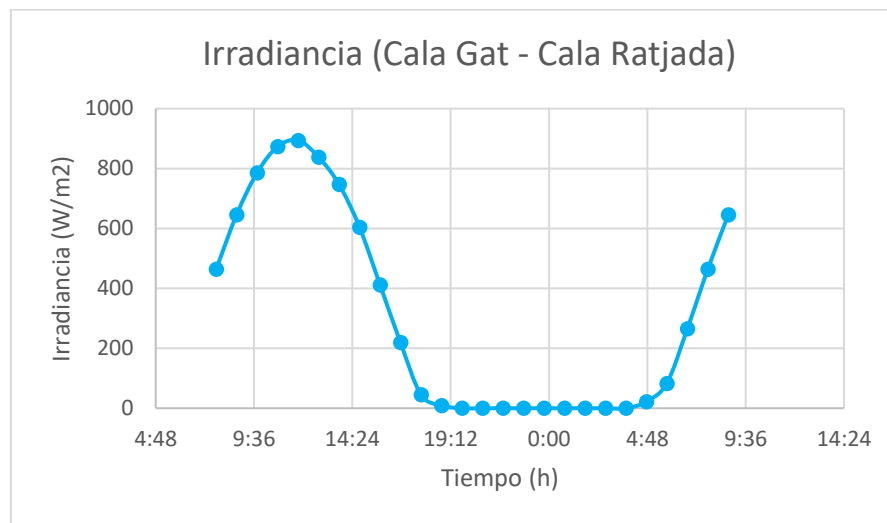


Ilustración 32: Gráfica de la irradiancia Cala Gat-Cala Ratjada.

Fuente: Propia

5.3 Eficiencia del motor

Otra característica que se ha determinado en el programa es que el motor diésel trabaje en su modo más eficiente. Para ello, se extrajo de las gráficas demostradas anteriormente (potencia y consumo combustible) una nueva que relaciona estas dos propiedades y así definir la zona óptima. Se sabe previamente que un motor diésel tiene una eficiencia del 30 % teórico [31].

En las gráficas que nos muestra la ficha técnica, el valor que tenían en común son las revoluciones. Así pues, se extrajeron los valores haciendo reglas de tres con las medidas de las imágenes ya que algunos valores no estaban muy bien definidos de tal manera que se puedan obtener más valores y precisión.

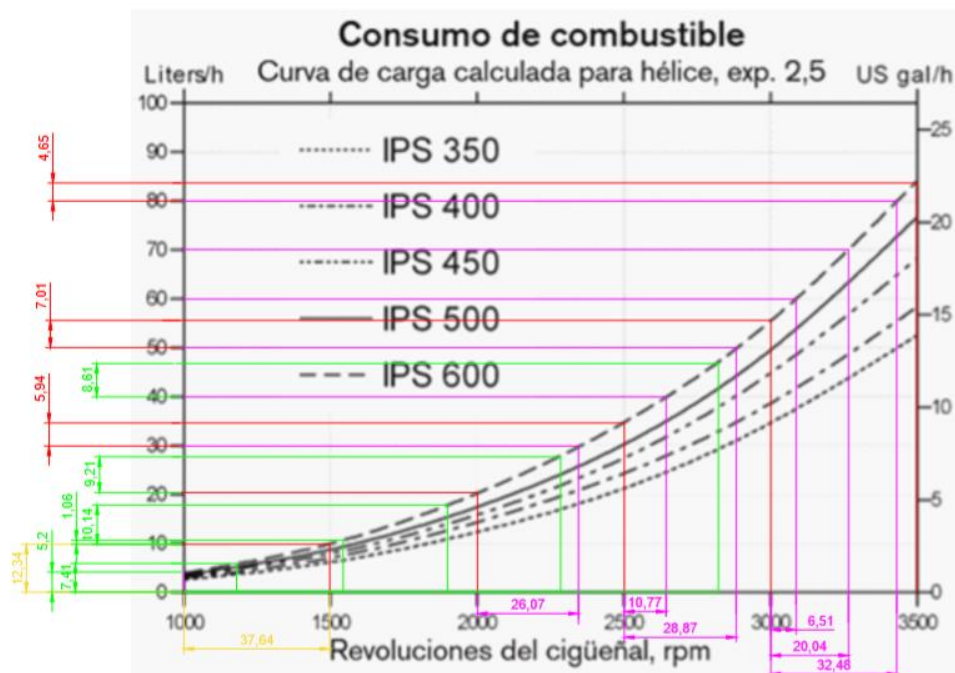


Ilustración 33: Proceso de obtención de los valores de consumo de combustible del motor Volvo IPS 600.

Fuente: Propia

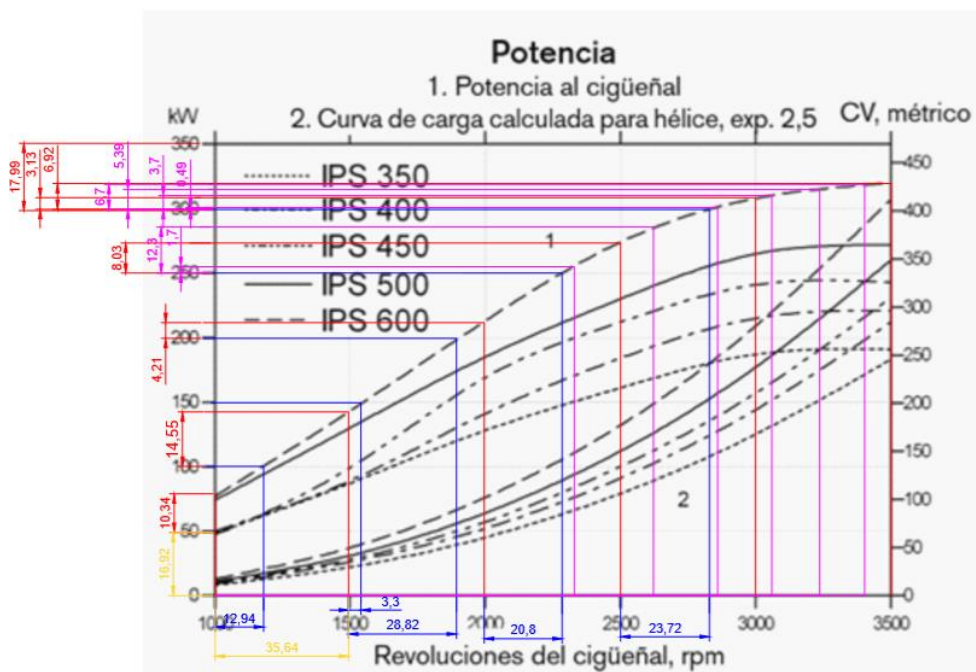


Ilustración 34: Proceso de obtención de los valores de potencia del motor Volvo IPS 600.

Fuente: Propia

Una vez extraídos los valores se crea la siguiente tabla que junto a la gráfica se puede observar que su zona adecuada de trabajo es entre las 3000 – 3086 revoluciones.

Revoluciones (rpm)	Potencia (kW)	Consumo (L/h)
1000,00	80,6	4,2
1180,80	100,0	6,0
1500,00	142,0	10,0
1546,00	150,0	10,3
1904,00	200,0	10,9
2000,00	212,0	18,2
2291,70	250,0	27,5
2346,30	255,0	30,0
2500,00	273,0	37,3
2643,06	286,3	40,0
2832,70	300,0	47,0
2883,50	301,4	50,0
3000,00	309,0	58,7
3086,47	310,9	60,0
3266,20	315,9	70,0
3434,46	319,8	80,0
3500,00	320,0	85,7

Tabla 14: Características del motor Volvo Penta IPS 600.

Fuente: Propia

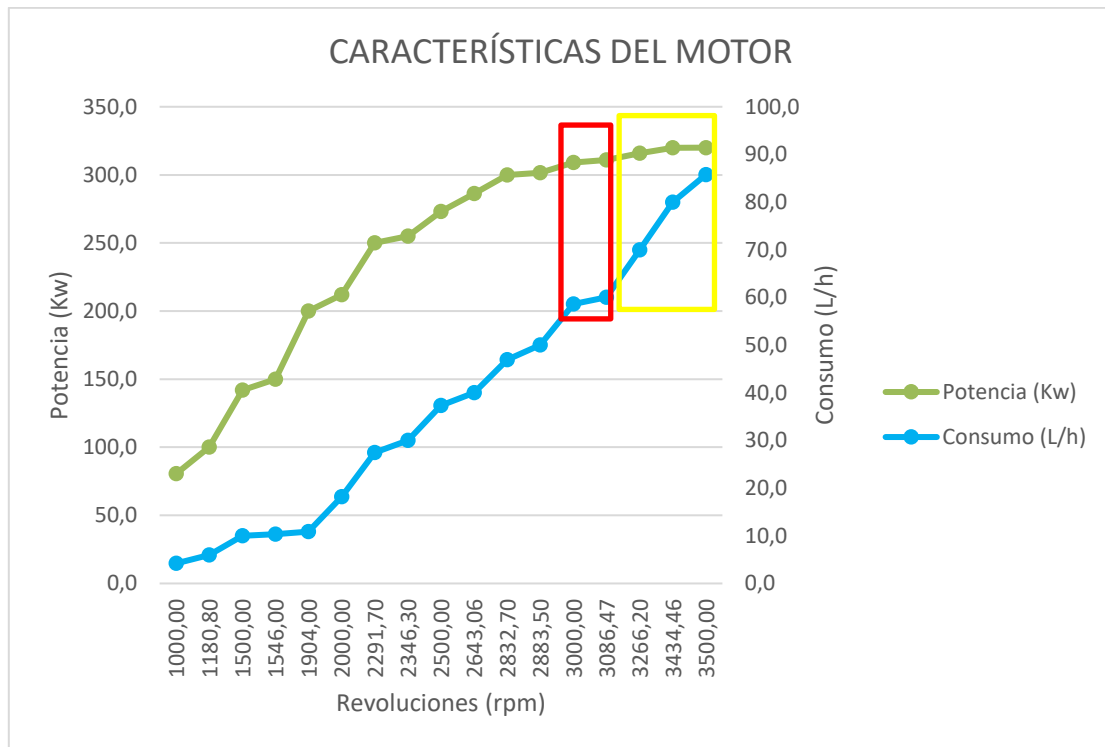


Ilustración 35: Gráfica características del motor.

Fuente: Propia

En la ilustración 38 se puede ver más claramente como cuando la potencia de motor supera los 300 kW no aumenta tanto respecto a sus revoluciones, pero el consumo se dispara. Es por eso que la zona amarilla no es nada eficiente.

Seguidamente, se ha realizado una gráfica potencia-eficiencia a partir de los valores de la gráfica anterior. Además, se sabe que la eficiencia de un motor diésel tiene como valor máximo 30%. Esta gráfica no la aporta el fabricante. Los valores se han puesto en por unidad:

Potencia (p.u)	Eficiencia (p.u)
0,252	0,105
0,313	0,165
0,444	0,225
0,469	0,231
0,625	0,258
0,663	0,264
0,781	0,276
0,797	0,279
0,853	0,282
0,895	0,285
0,938	0,285
0,942	0,285
0,966	0,285
0,972	0,285
0,987	0,285
0,999	0,285
1,000	0,285

Tabla 15: Eficiencia-Potencia del motor Volvo Penta IPS 600. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW. Valores de eficiencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una eficiencia de 100%

Fuente: Propia

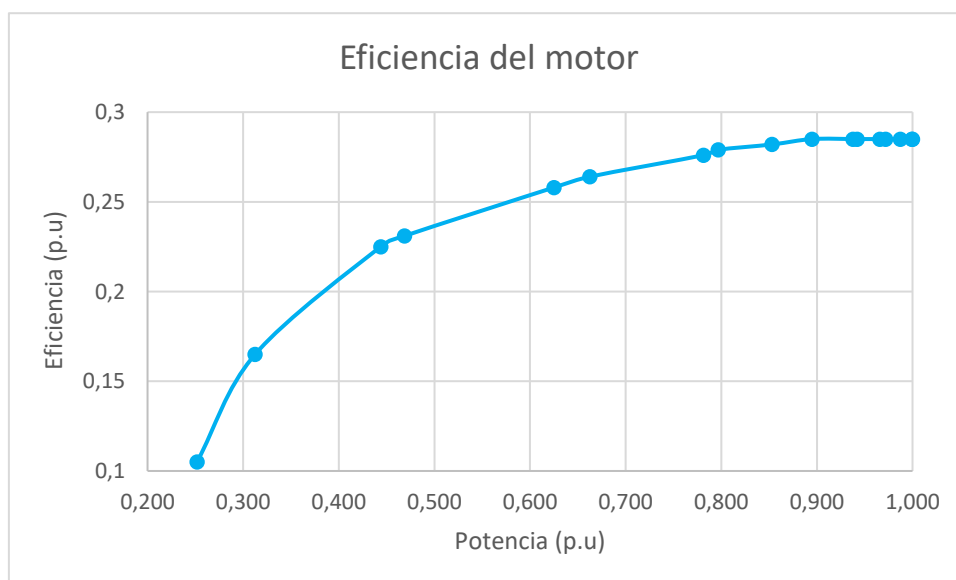


Ilustración 36: Gráfica Eficiencia-Potencia del motor Volvo Penta IPS 600. Valores de potencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una potencia base de 320 kW. Valores de eficiencia expresados en por unidad (p.u.), con respecto a una eficiencia 30%

Fuente: Propia

Finalmente obtenemos los valores de eficiencia del motor que serán introducidos en el programa con el fin de que el motor trabaje en los valores de más eficiencia.

5.4 Dimensionamiento baterías

Se ha de determinar el número de baterías a instalar, para satisfacer la capacidad de almacenamiento requerida, así como los niveles de tensión y corriente del pack. Se conectan en serie con el fin de aumentar la tensión y disminuir la intensidad. Al tener valores bajos de intensidad, se pueden instalar cables más finos y protecciones ligeras.

A continuación, se muestran tres modelos de dimensionamiento de baterías variando el objetivo y la potencia nominal demandada.

MODELO 1		
Objetivo	20000	Wh
Capacidad batería	160	Ah
Voltaje batería	12,9	V
Potencia nominal demanda	20	kW

¿Se supera la corriente máxima de la batería? SI

Corriente	155,04	A
-----------	--------	---

¿Tiempo suficiente de energía? SI

Energía 1 batería	2064	Wh
nº Baterías	10	Baterías
Energía total	20640	Wh

20,64	kWh
-------	-----

Tabla 16: Modelo 1 dimensionamiento de baterías.

Fuente: Propia

Como se puede observar para el dimensionamiento de las baterías se ha de tener en cuenta si la batería tiene suficiente energía y si puede aguantar las corrientes que circulan por ellas. Para averiguarlo, se

parte de los datos proporcionados por el fabricante que son la capacidad y voltaje nominal de la batería. A partir de ellos se puede obtener la energía que proporciona una batería:

$$\text{Energía 1 batería} = \text{Voltaje de la batería} \times \text{Capacidad de la batería (Wh)} \quad (3)$$

Una vez obtenida la energía se puede obtener el número de baterías necesarias conectadas en serie:

$$n^{\circ} \text{ Baterías} = \frac{\text{Energía objetivo}}{\text{Energía 1 batería}} \quad (4)$$

La tensión que generan es:

$$\text{Tensión} = n^{\circ} \text{ Baterías} \times \text{Voltaje de la batería} \quad (5)$$

Suelen dar valores de tensión normales que se pueden encontrar en el mercado y es por ello que se realiza la conexión en serie.

Para poder saber si pack de baterías aportará la intensidad necesaria hay que fijarse en la potencia ya que va relacionada con la corriente:

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Potencia nominal demandada} \times 100}{\text{Voltaje batería} \times n^{\circ} \text{ baterías}} \text{ (Ah)} \quad (6)$$

El valor de Corriente (6) habrá de ser menor a la capacidad nominal en Ah ya que la batería aporta 160 A de manera continuada a lo largo de 1 hora.

$$\text{Energía total} = \text{Energía 1 batería} \times n^{\circ} \text{ Baterías (Wh)} \quad (7)$$

A continuación, se muestran dos modelos más:

MODELO 2		
Objetivo	37000	Wh
Capacidad batería	160	Ah
Voltaje batería	12,9	V
Potencia nominal demanda	30	kW

¿Se supera la corriente máxima de la batería?

SI

Capacidad	129,20	A
-----------	--------	---

¿Tiempo suficiente de energía?

SI

Energía 1 batería	2064	Wh
nº Baterías	18	Baterías
Energía total	37152	Wh

37,152 kWh

Tabla 17: Modelo 2 dimensionamiento de baterías.

Fuente: Propia

MODELO 3		
Objetivo	103000	Wh
Capacidad batería	160	Ah
Voltaje batería	12,9	V
Potencia nominal demanda	20	kW

¿Se supera la corriente máxima de la batería?

SI

Corriente	155,04	A
-----------	--------	---

¿Tiempo suficiente de energía?

SI

Energía 1 batería	2064	Wh
nº Baterías	50	Baterías
Energía total	103200	Wh

103,2 kWh

Tabla 18: Modelo 3 dimensionamiento de baterías.

Fuente: Propia

El tercer modelo no puede ser posible porque conlleva un excesivo coste. Además, la instalación de 50 baterías conlleva un peso elevado para la embarcación. Por otro lado, el segundo modelo se desestima por motivos económicos, sale más rentable la instalación de 10 baterías.

5.4.1 Diagrama unifilar

Aunque el diagrama unifilar no es una entrada para la optimización, no se podía realizar sin tener más o menos definida la cantidad de baterías instaladas. Entonces se aprovecha este apartado después de hablar de los baterías para exponer el diagrama unifilar de la embarcación teniendo en cuenta los equipos definidos en el balance.

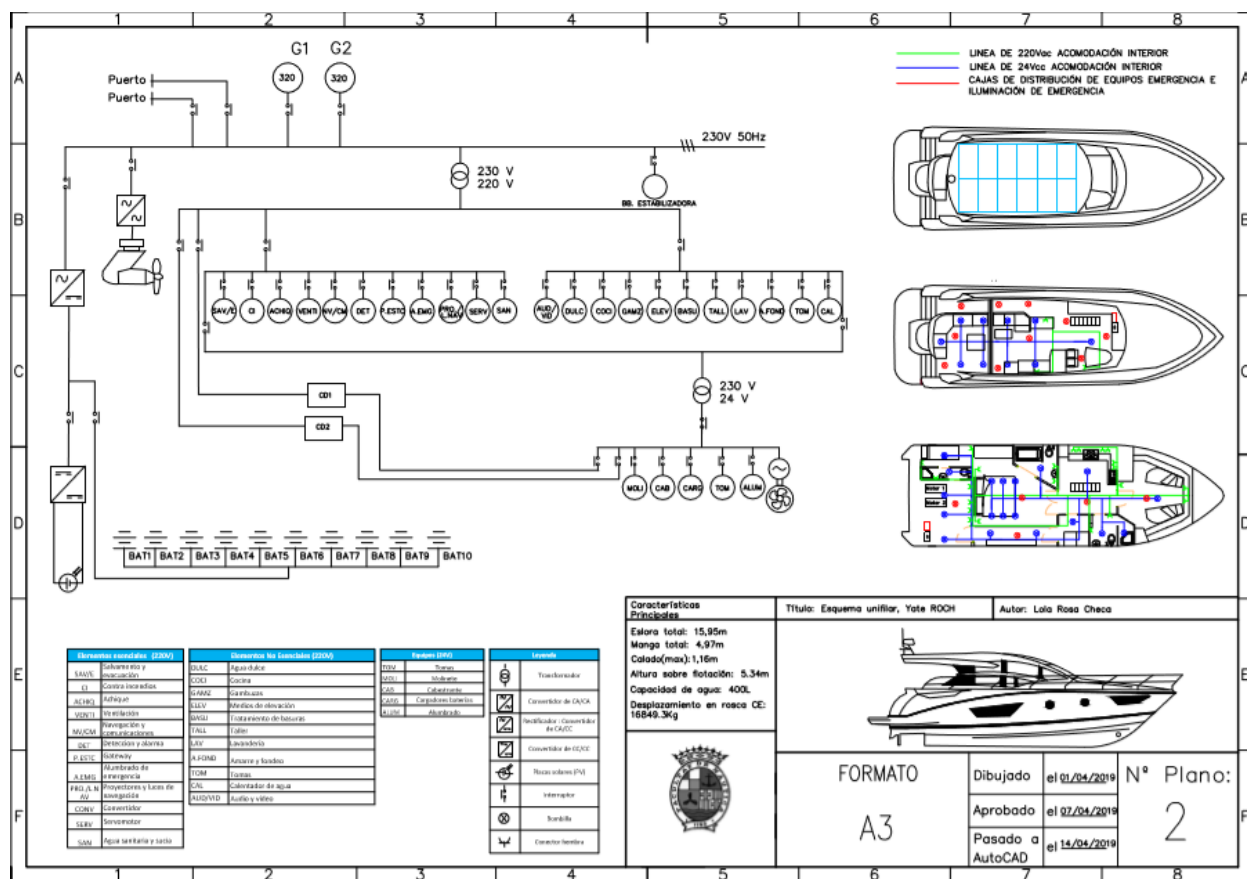


Ilustración 37: Plano diagrama unifilar.

Fuente: Propia (Anexo VII)

Para poder ver más detalladamente todo el plano esta adjuntado en el Anexo VII pero a continuación se muestra el diagrama unifilar en sí:

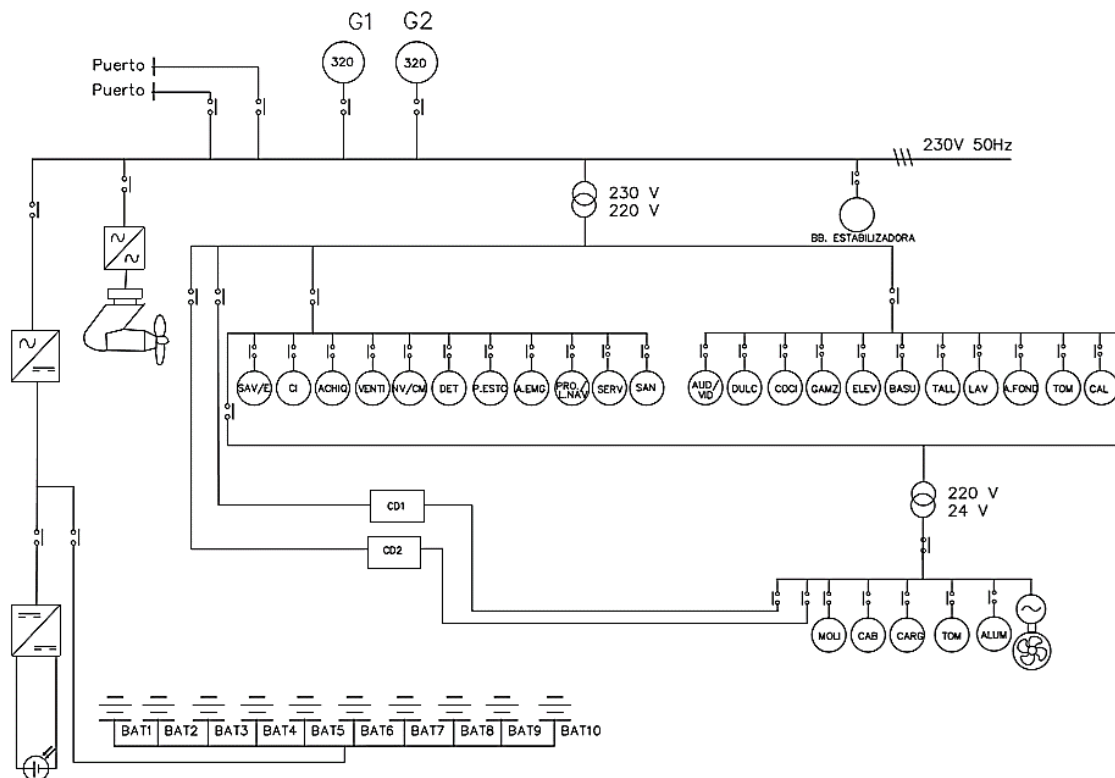


Ilustración 38: Diagrama unifilar.

Fuente: Propia (ANEXO VII)

En este diagrama se han separado los elementos esenciales de los no que van a 220V, se han instalado cuadros eléctricos y dos tomas a puerto. También se tiene dibujadas las 10 baterías, la hélice de popa y de proa (24V) y las placas solares al lado de las baterías. Respecto al simbología:









Leyenda	
	Transformador
	Convertidor de CA/CA
	Rectificador : Convertidor de CA/CC
	Convertidor de CC/CC
	Placas solares (PV)
	Interruptor
	Bombilla
	Conector hembra

Tabla 19: Leyenda de símbolos eléctricos del plano unifilar.

Fuente: Propia (ANEXO VII)

Los equipos son los mismo mencionados en el Capítulo 4 (Tablas 3, 4 y 5). Además, se ha realizado la disposición del alumbrado, tomas de corriente, cuadros eléctricos y de emergencia:

- LINEA DE 220Vac ACOMODACIÓN INTERIOR
- LINEA DE 24Vcc ACOMODACIÓN INTERIOR
- CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EMERGENCIA E ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

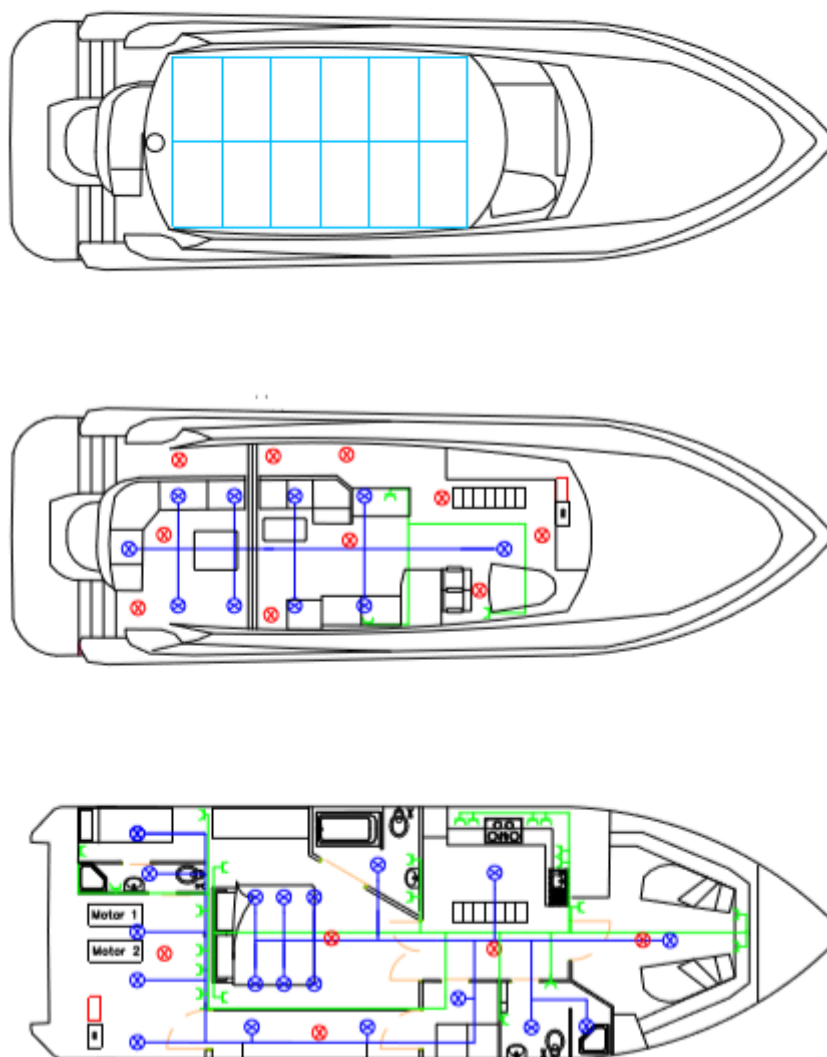


Ilustración 39: Disposición del alumbrado y tomas de corriente del yate ROCH.

Fuente: Propia (Anexo VII)

5.6 Resumen del contenido del Capítulo 5

En este capítulo se ha especificado las entradas que serán necesarias en el siguiente apartado. Se ha definido la demanda de potencia que puede experimentar la embarcación, la irradiancia que emite en ese caso, la cantidad de baterías que se instalarán y el diagrama unifilar.

La demanda ha sido un trayecto en Mallorca de Cala Gat a Cala Ratjada pero por el medio del trayecto se fondea y se pasa la noche. Esta tenía mejor gráfica con altos y bajos picos de demanda respecto a los otros y se prevé que se podrá ver más claro la función de cada elemento de propulsión. La irradiancia se obtenido de una web europea muy fiable en el mes de junio. Se instalarán 10 baterías en serie junto a las placas solares, como se puede observar en el diagrama unifilar.

Capítulo 6. Optimización

6.1. Introducción

Este capítulo es el más importante del trabajo ya que es donde se estudia el consumo de los elementos con el fin optimizar las energías.

Como las entradas ya han sido definidas en el apartado anterior, se explicarán las restricciones de cada elemento que interviene en la propulsión híbrida del barco. Seguidamente, se muestra el diagrama de flujo del código Matlab que se ha creado. Consiste en dos códigos, del cual, uno es el general y el otro sobre carga y descarga de las baterías. A continuación, se muestra, la programación visual llamada Simulink y se explica detalladamente cada elemento.

Finalmente, se obtienen los resultados a partir de los cuales se realiza una interpretación del funcionamiento de la planta eléctrica. También se realizan dos estudios: el primero, sobre el ahorro de combustible y el otro, analizar la sensibilidad respecto al tamaño de las baterías.

6.2. Restricciones

Antes de crear el código Matlab, se ha definido la función de cada elemento dependiendo de la situación en la que se encuentre el barco (navegando o fondeo).

La limitación que se le ha impuesto al motor es: que trabaje en su rango más eficiente (tabla 12 e ilustración 39); es decir, que aporte la mayor energía cuando la demanda es muy alta y cuando ésta sea muy baja, permita la aportación a otros equipos.

Por lo que respecta a las baterías, actuarán en todas las situaciones, aunque tendrán mayor protagonismo cuando la demanda del barco sea baja. Éstas se recargarán cuando el motor funcione a alta potencia y cuando se encuentre amarrado en puerto.

Las placas solares no tienen una restricción específica, su única función es aportar energía a cualquier equipo que lo necesite, priorizando el motor. Se tiene en cuenta, que puede darse la situación de vertido, es decir, que la energía generada no la necesite ningún equipo porque estén cargadas totalmente las baterías y el motor no esté en funcionamiento.

En resumen, son restricciones muy simples, pero hay que tenerlas en cuenta a la hora de crear el código Matlab para que dé los resultados deseados.

6.3 Código Matlab

En este apartado se muestra el diagrama de flujo de los códigos creados para la optimización de la planta eléctrica del Yate ROCH. Para poder realizar dicho diagrama, se ha utilizado el programa AUTOCAD y la simbología universal de figuras.

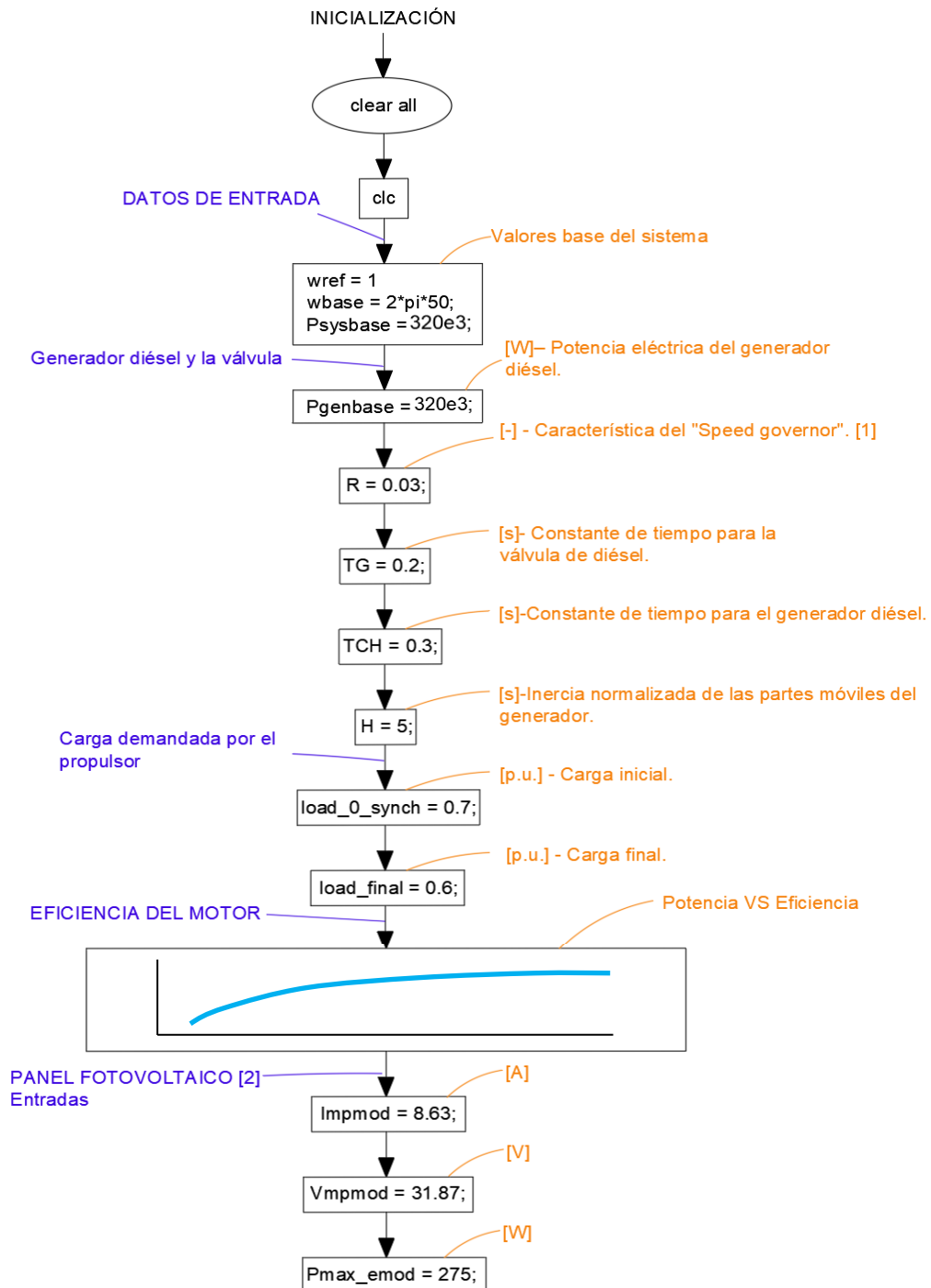
El primer código que se muestra es el principal. En éste, intervienen las entradas de: las características de la placa solar, la tabla de eficiencia del motor, la tabla de irradiancia, las características de las baterías y la tabla la demanda, por este orden. Del código principal se obtienen dos gráficas sobre las placas solares y los valores de entrada necesarios para la realización del Simulink.

El segundo código habla sobre la condición de carga y descarga de las baterías que se han definido en las restricciones. Para definir las dos funciones de carga y descarga se ha elegido el valor positivo para carga y el valor negativo para descarga.

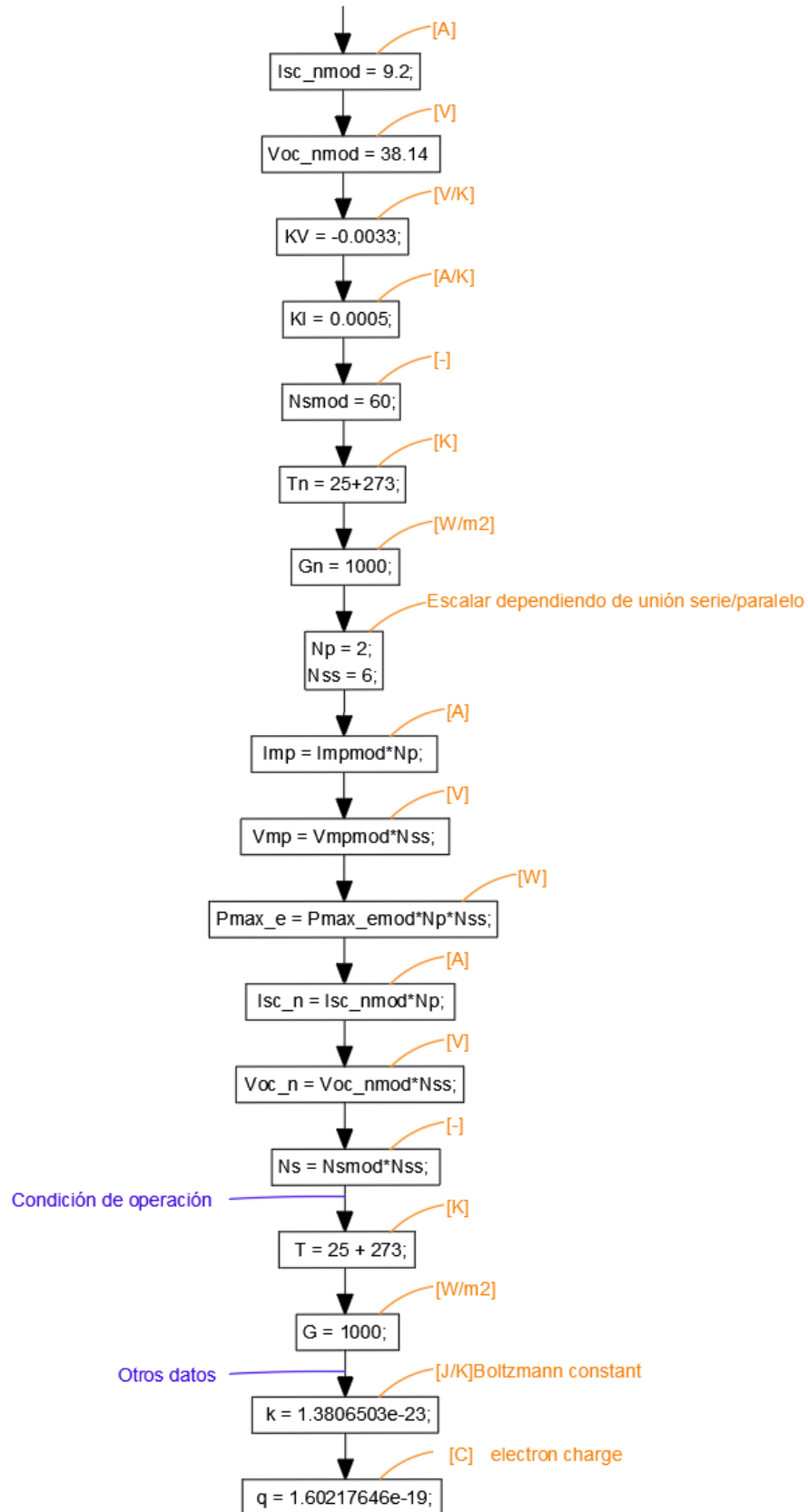
Por último, está el bloque que define el modelo de la batería.

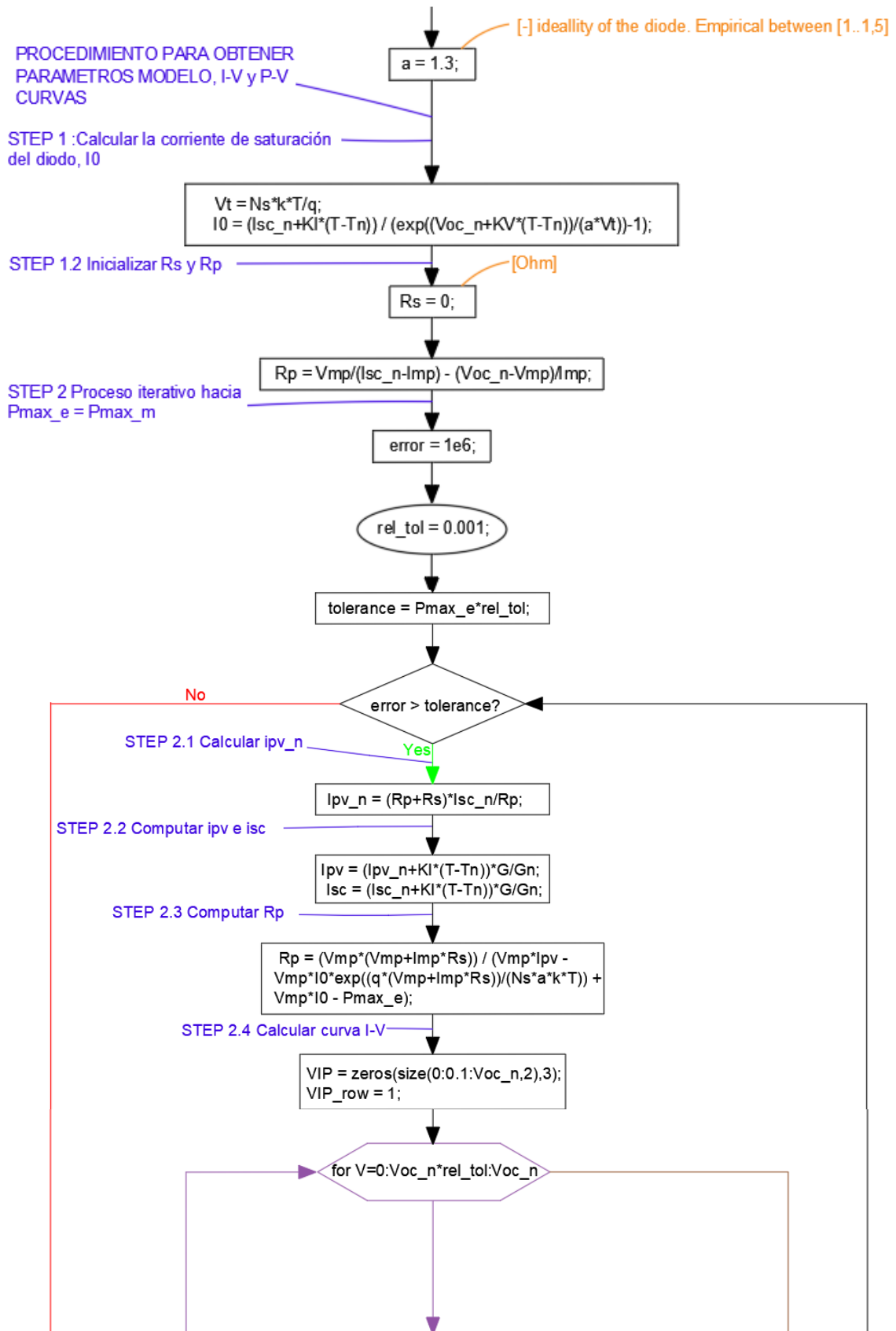
Al primer código se le ha denominado “Parámetros” y al segundo “Carga y descarga baterías”.

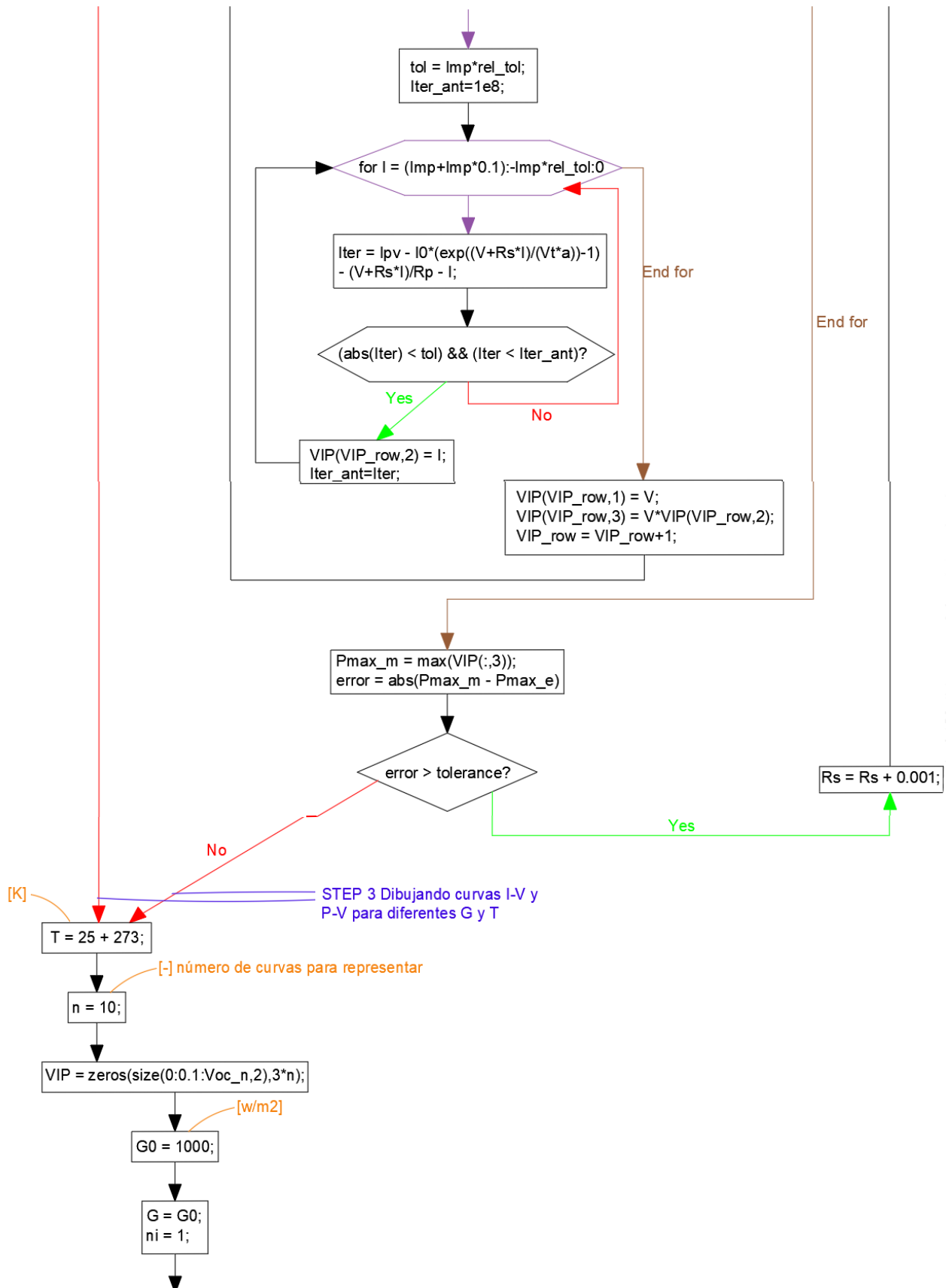
6.3.1 Código de parámetros

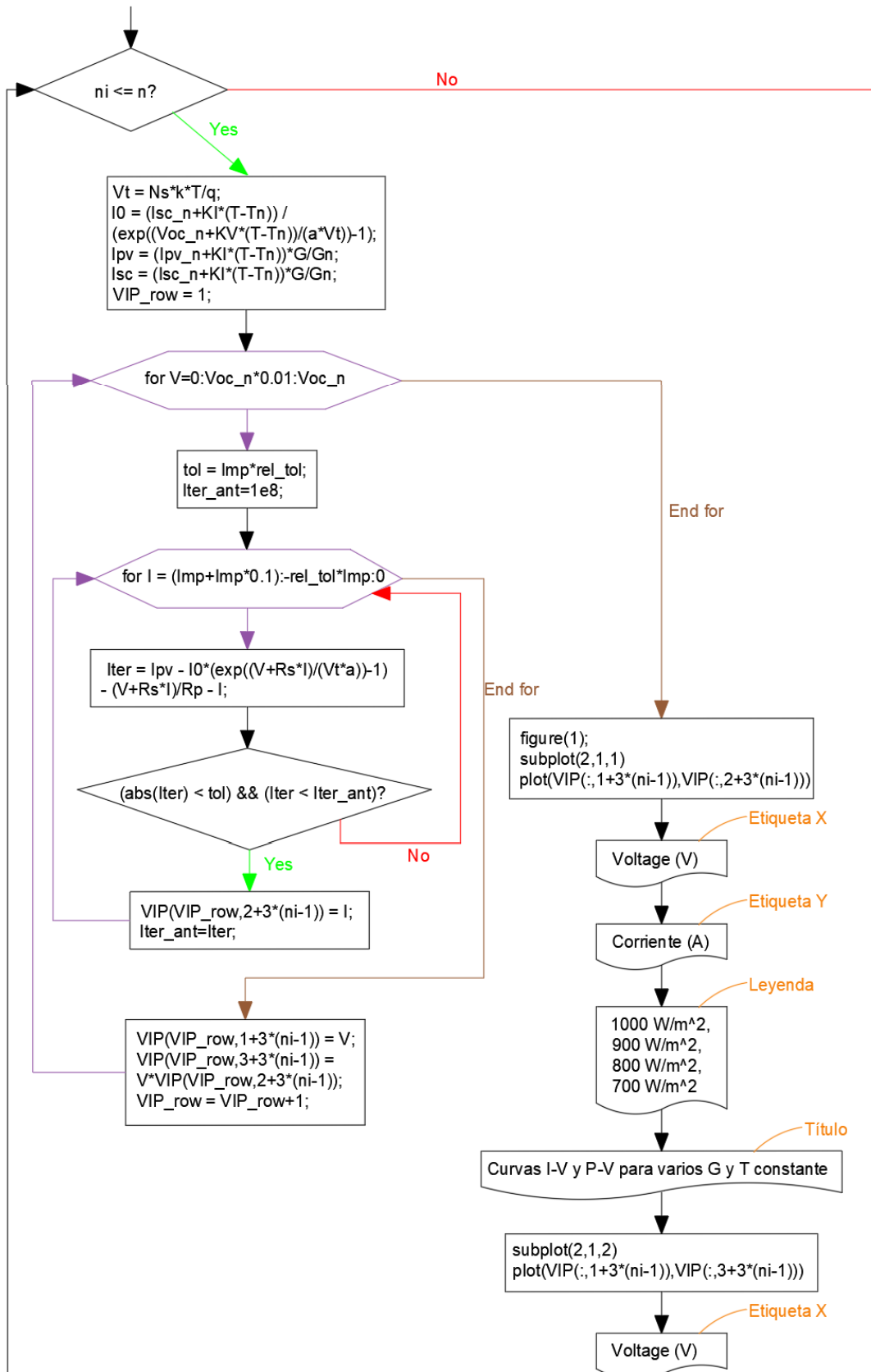


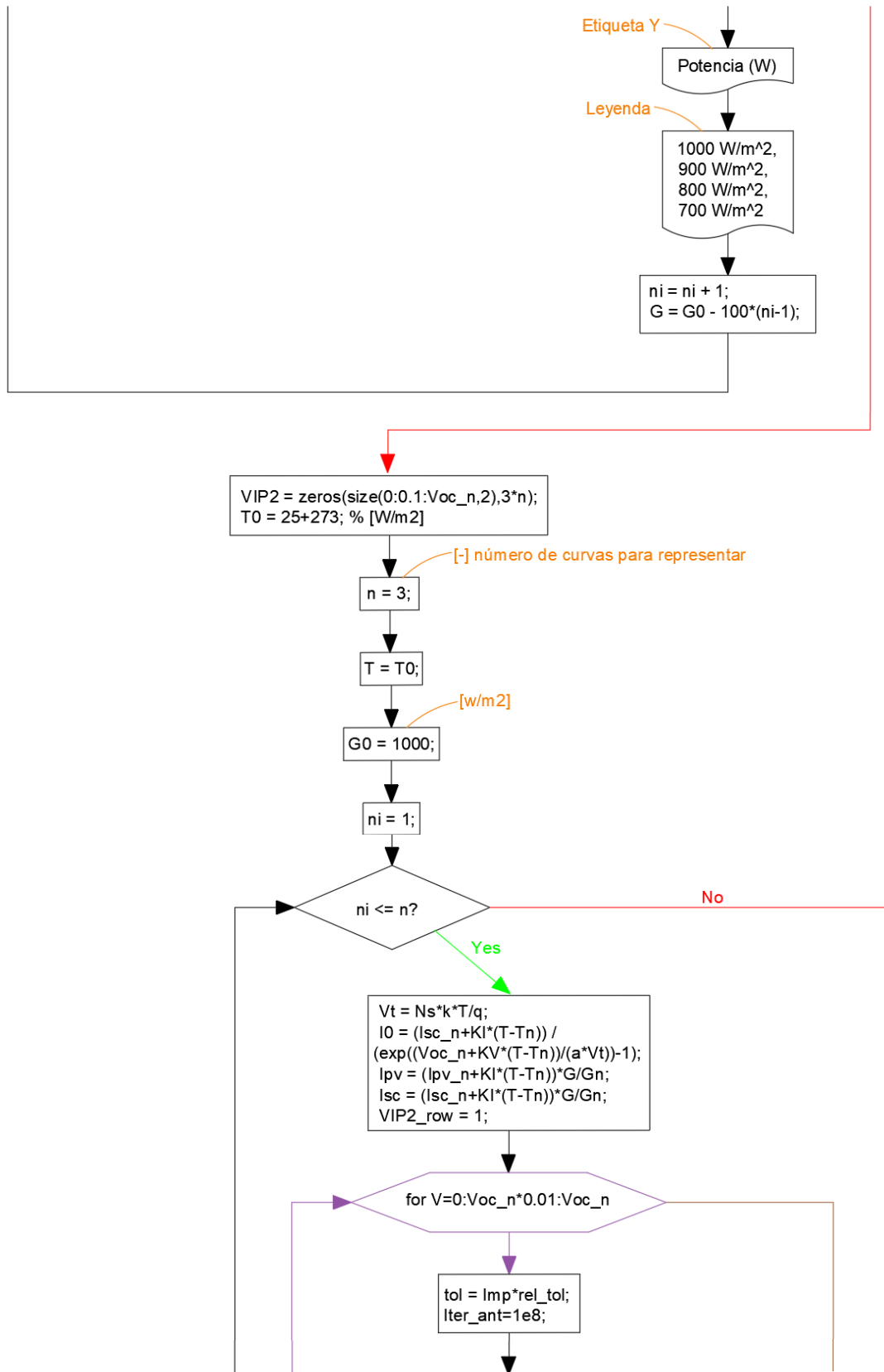
- [1] 0.03 significa que con una desviación del 3% de la velocidad de nuestro generador respecto a la consigna, vamos a variar en un 100% el rango de regulación de nuestra válvula al máximo. Valores habituales entre el 1% y el 5%.
- [2] DESCRIPCIÓN: Este script sirve para obtener las curvas I-V y P-V de un panel fotovoltaico a partir de los datos que ofrece el fabricante y del diseño del usuario. Las salidas son los parámetros para modelar un panel fotovoltaico en simulink.
REFERENCIA: Gradella-Villalva M, Gazoli J-R, Ruppert-Filho E. Enfoque integral para el modelado y simulación de matrices fotovoltaicas. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 24, No. 5, Mayo 2009.
Datos del fabricante: BSP275P condiciones test a 25°C, A.M 1.5,

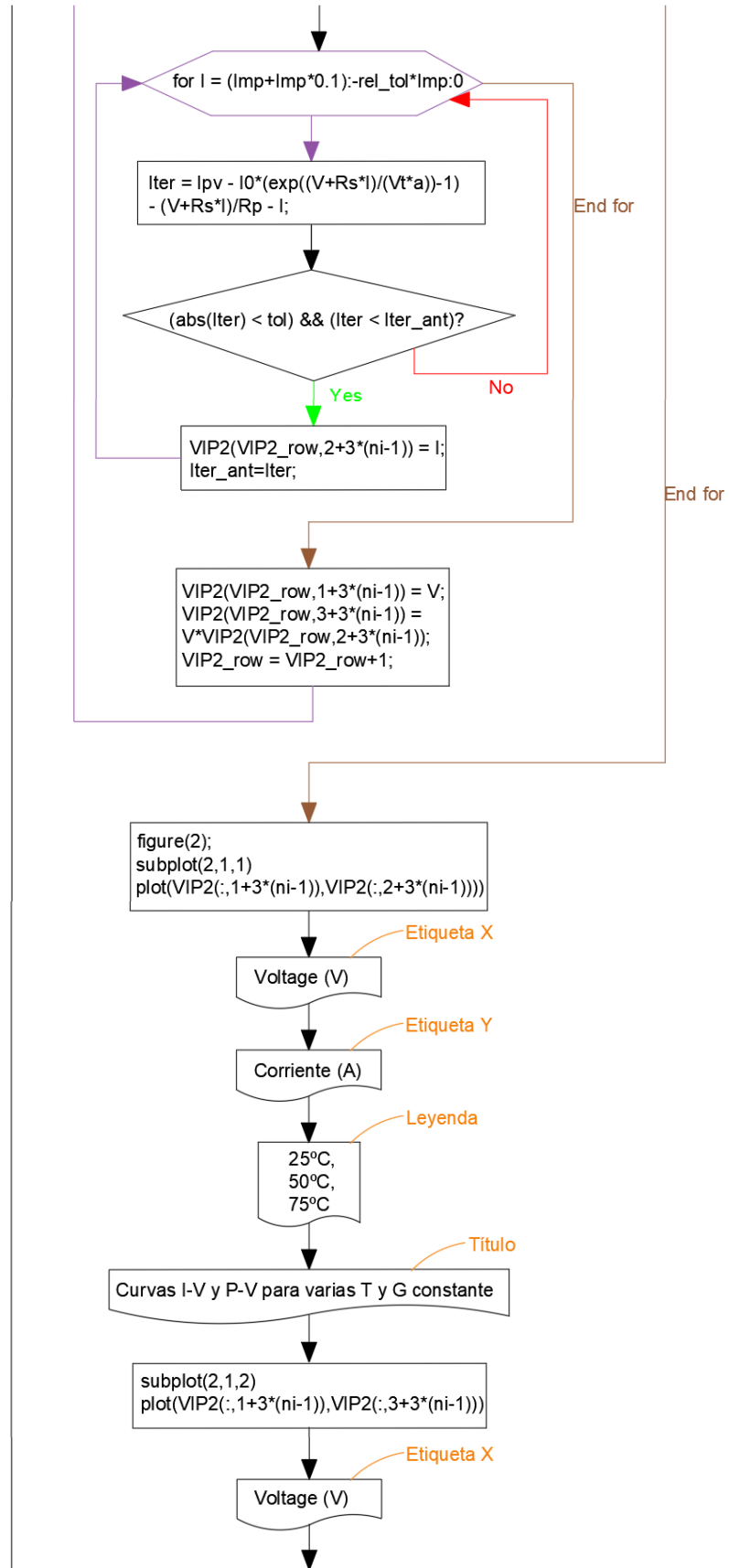


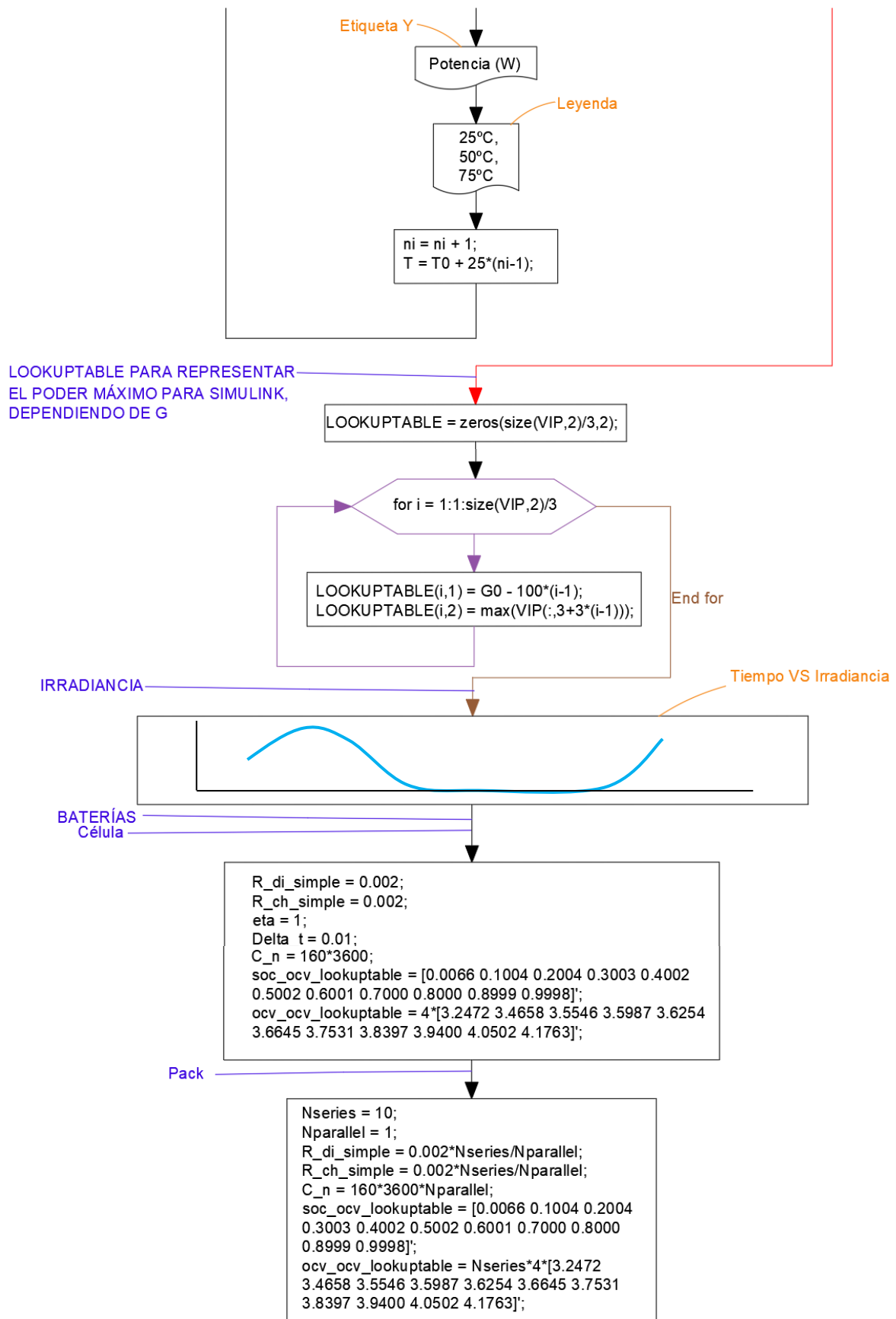


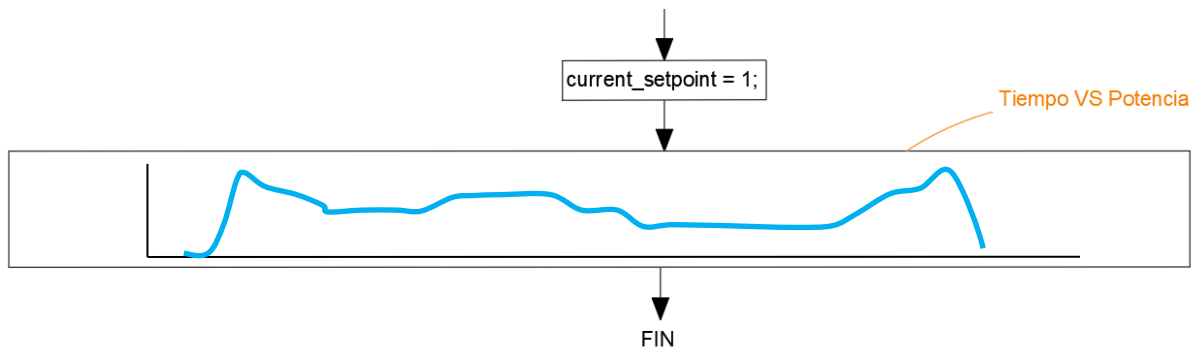




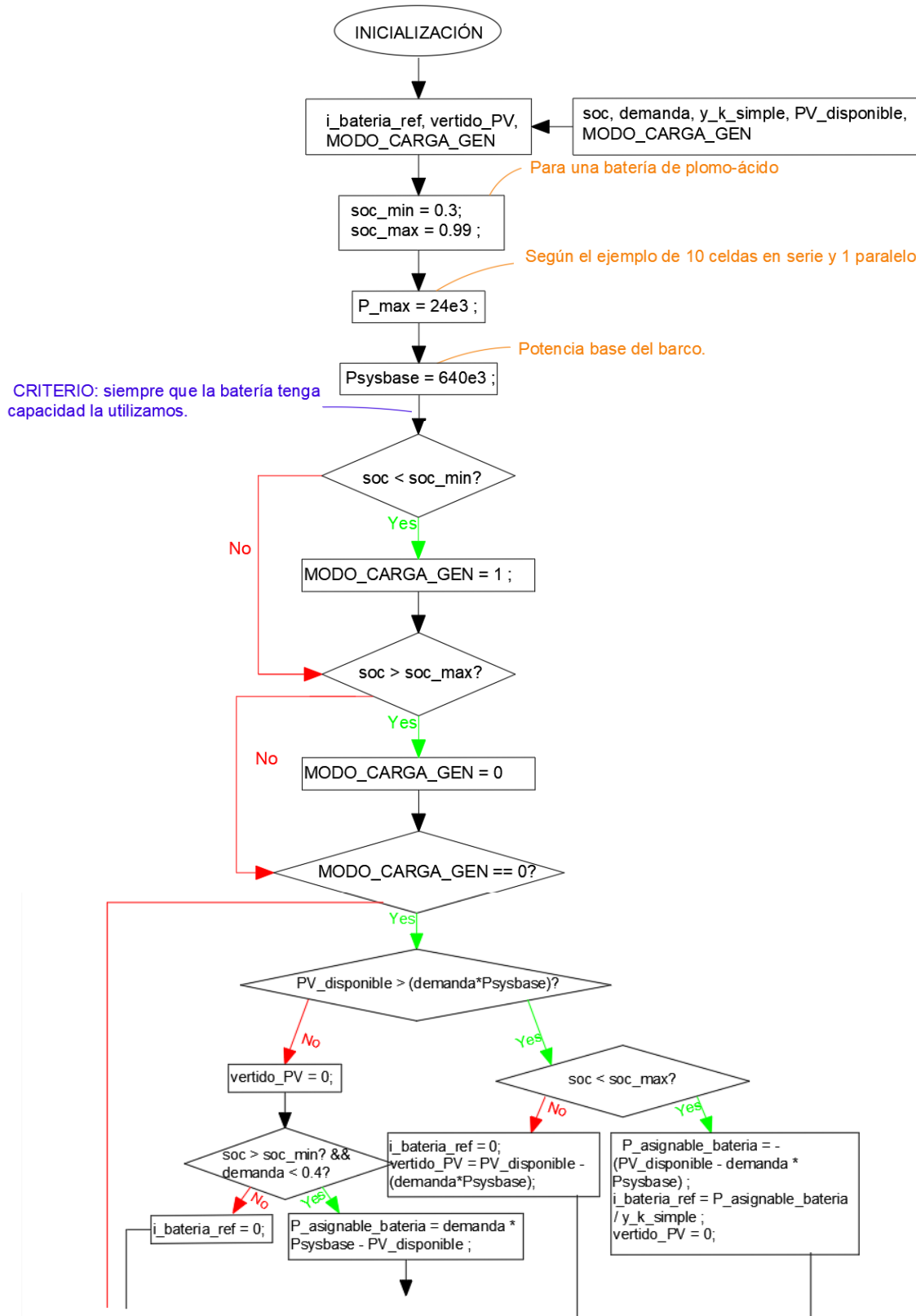


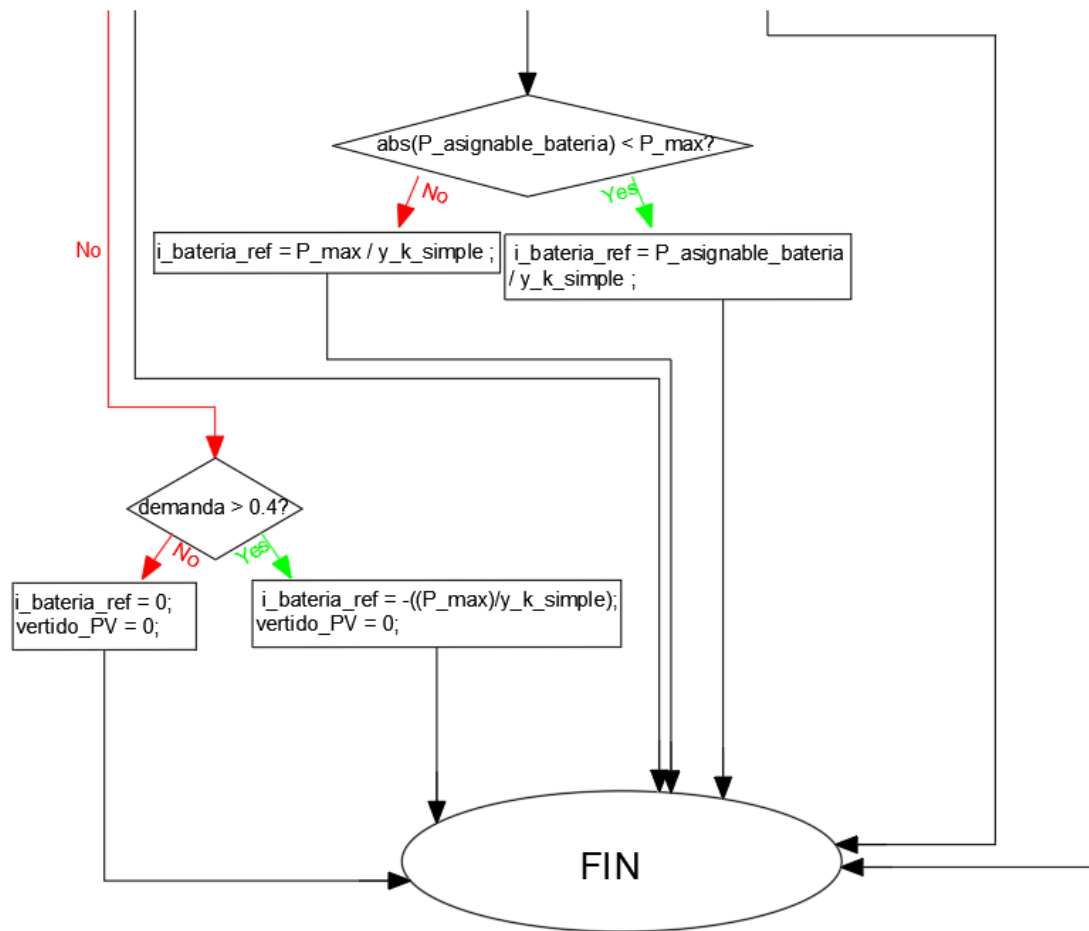






6.3.2 Código de carga y descarga de las baterías





6.3.3 Modelo de batería

Se introducen los parámetros de entrada de la batería en el Simulink. Estos son R en Ohm, R -Ohm, OCV y SoC (*estado de carga*) se expresa en valores unitarios, C (capacidad nominal, A · s), η_i eficiencia Coulombic, autodescarga, comúnmente, esto se establece 1.

Las fórmulas que se emplean en este bloque son las siguientes:

$$z_{k+1} = z_k - \left(\frac{\eta_i \Delta t}{c_n} \right) i_k \quad (8)$$

$$y_k = OCV(z_k) - Ri_k \quad (9)$$

Donde:

- z : Estado de carga (por unidad). Su valor oscila entre 0-1.
- i : Es la corriente (positiva para descarga)
- Δt : Incremento de tiempo.
- y : Es el voltaje de la batería.

Para obtener el estado de carga de una batería (8) en un determinado tiempo $k + 1$ se realiza la resta estado de carga la batería en un tiempo k menos por el incremento o descenso de la carga que realiza la batería en ese mismo momento. Simplemente se trata de un contador que permite ver si se carga o descarga la batería.

En función del estado de carga z una batería está más cargada quiere decir tiene una tensión más grande. A esta relación entre la tensión de la batería y su estado de carga se llama Open Circuit Voltage (OCV) que es la tensión que tiene una batería en circuito abierto (cuando no hay nada conectado). Si a este valor le restamos la caída de tensión de la resistencia tiene como resultado la tensión en bornes de la batería (9).

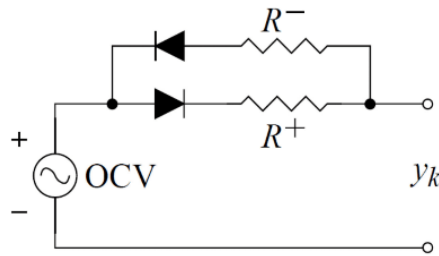


Ilustración 40: Esquema de una batería.

Fuente: Gregory Plett (2004) [32]

En resumen, estas fórmulas se introducen en el programa para obtener el estado de carga y el voltaje de la batería en cualquier paso de tiempo.

6.4 Matlab Simulink

Una vez obtenidos los parámetros de entrada e implementadas las restricciones en el código, se ha realizado la programación visual en Simulink. En éste se puede ver claramente los equipos que intervienen y la conexión entre ellos:

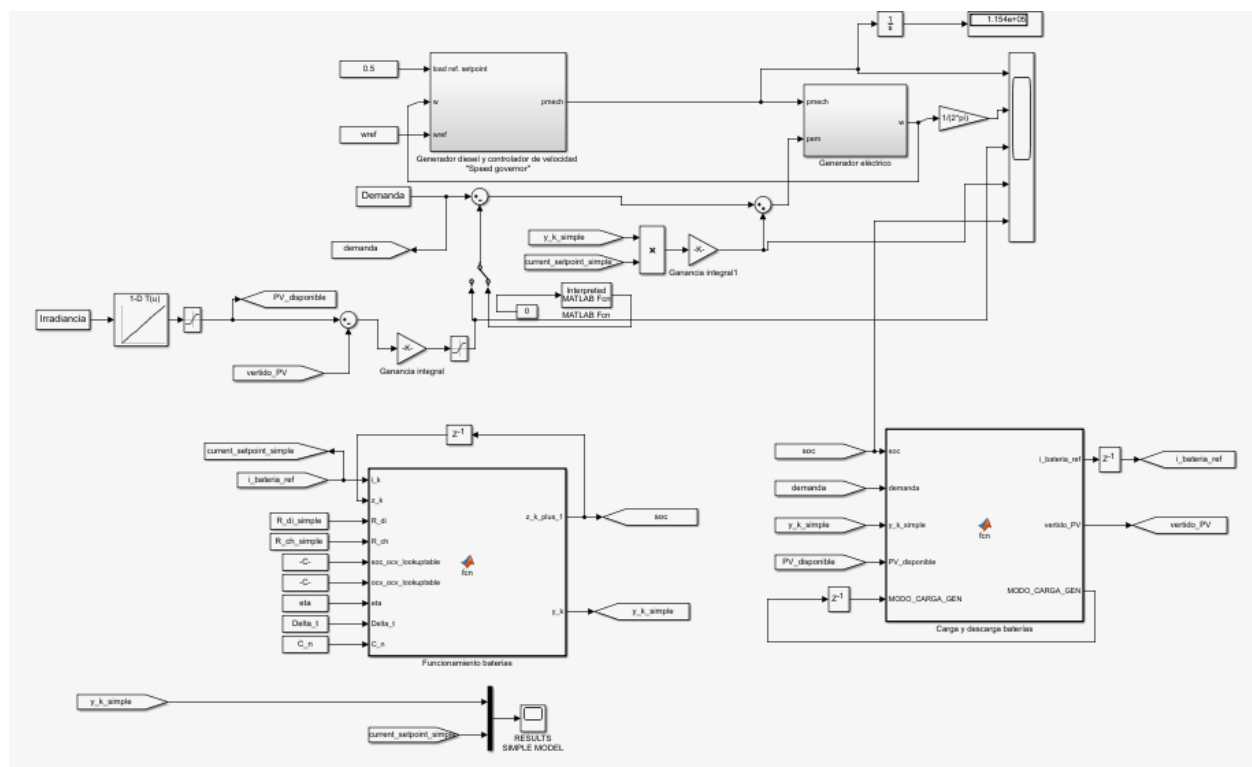


Ilustración 41: Diagrama Simulink.

Fuente: Propia

6.4.1 Generador diésel y eléctrico

Tanto el generador diésel como el eléctrico se sitúan en la parte superior del esquema, uno a la izquierda y otro a la derecha, respectivamente:

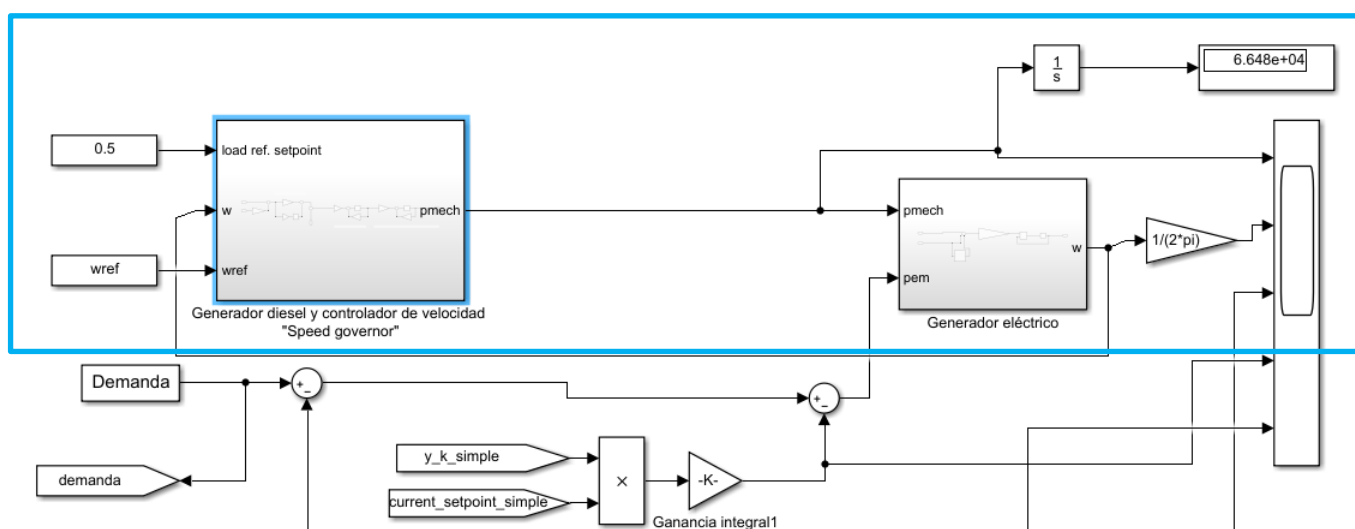


Ilustración 42: Localización generador diésel y eléctrico Simulink.

Fuente: Propia

Para el generador diésel se ha realizado un subesquema:

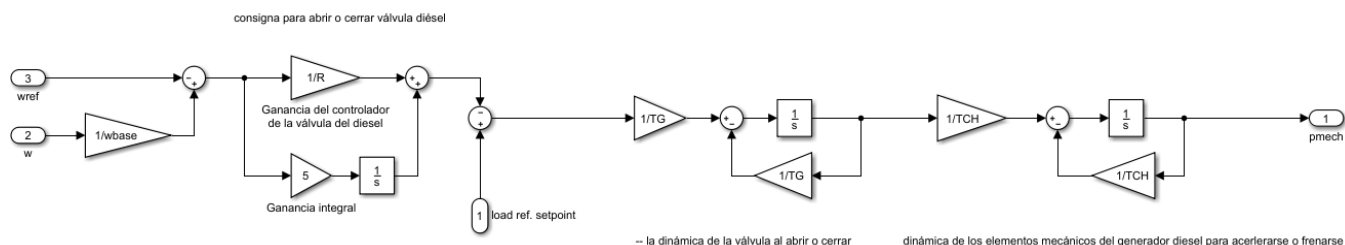


Ilustración 43: Generador diésel Simulink.

Fuente: propia

Que contiene de izquierda a derecha: la ganancia integral, la dinámica de la válvula al abrir - cerrar y la dinámica del generador diésel para acelerarse o frenarse. Como salida se obtiene la potencia mecánica (pmech) realizada por el motor.

Del mismo modo, el generador eléctrico también contiene un subesquema:

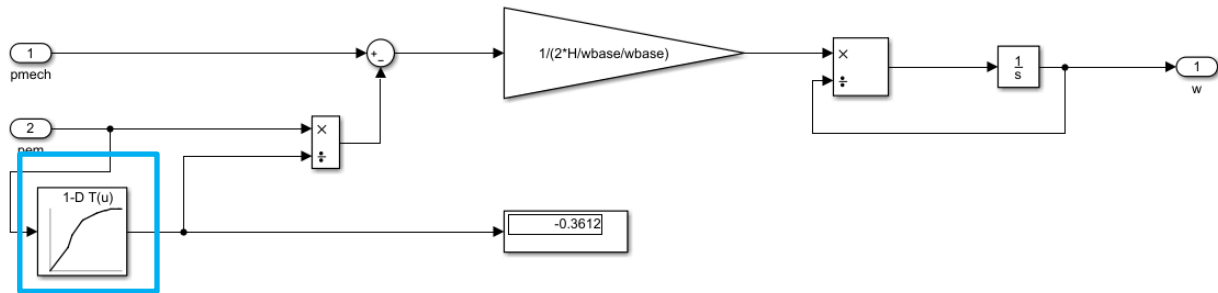


Ilustración 44: Generador eléctrico Simulink.

Fuente: propia

El generador eléctrico tiene como entrada la potencia mecánica generada por el generador diésel y la demanda final que ha de generar el motor. Además, como se puede ver marcado en azul, la gráfica de la eficiencia del motor con el fin de que cumpla con el único requisito que es que funcione en su rango más óptimo.

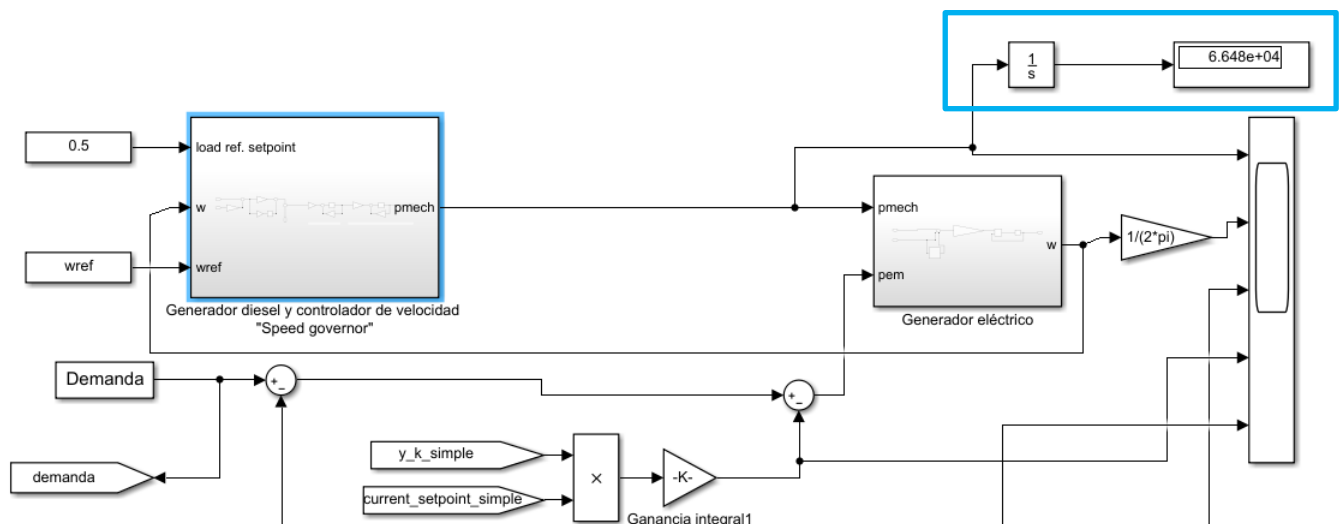


Ilustración 45: Energía generada por el motor.

Fuente: propia

Cabe mencionar que, la nueva zona señalizada de color azul, realiza la integral de la potencia generada por unidad por el generador diésel que es la energía consumida por éste. El valor que nos proporciona es muy importante para los estudios de ahorro de combustible que se realizan posteriormente.

6.4.2 Demanda

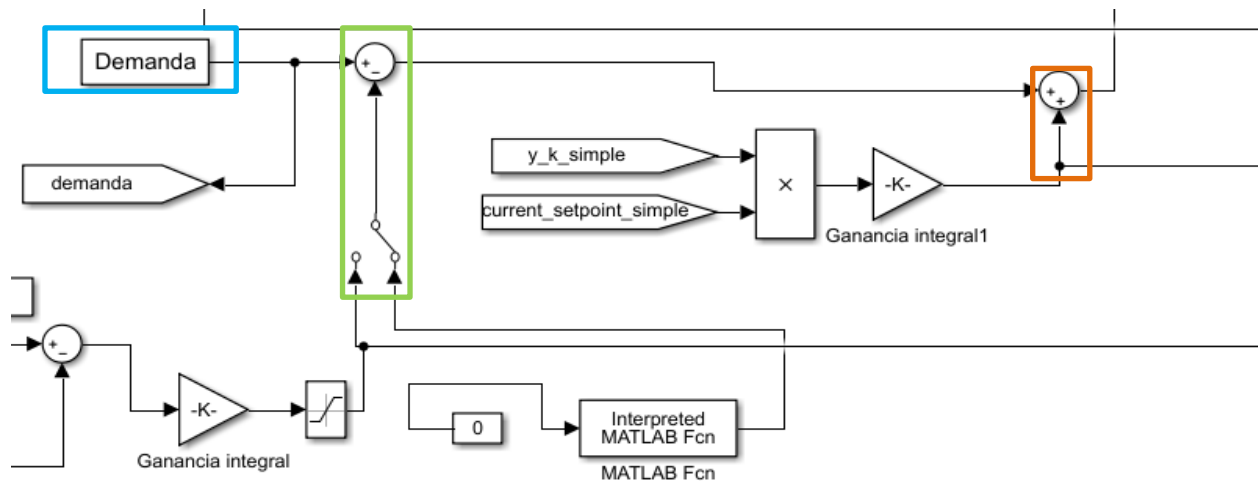


Ilustración 46: Demanda en Simulink.

Fuente: Propia

Otra entrada que se puede ver en el esquema Simulink es la demanda (zona señalizada con color azul), es la energía total que se requiere y que irá disminuyendo con la aportación de las placas solares (zona verde) y baterías (zona naranja). El resultado de la suma y resta de energías se define como una entrada del generador eléctrico “pem”.

6.4.3 Placas solares

La energía aportada por las placas solares proviene de la irradiancia y es una de las entradas, junto a las características de la placa (zona verde) y la condición de vertido (zona naranja). Como se ha explicado anteriormente, la energía que producen estas placas, se resta a la demanda exigida por el yate.

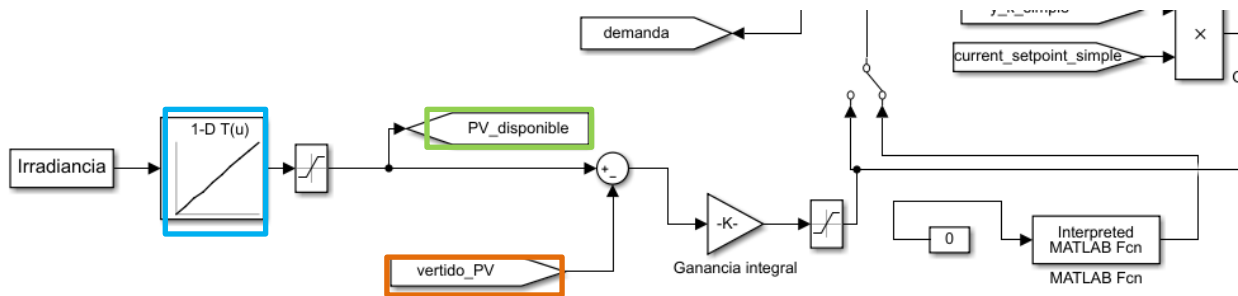


Ilustración 47: Placas solares (PV) Simulink

Fuente: Propia

6.4.4 Baterías

La zona azul representa el bloque de las baterías, tiene como entradas su voltaje y corriente que multiplicadas entre ellas obtenemos la potencia por unidad.

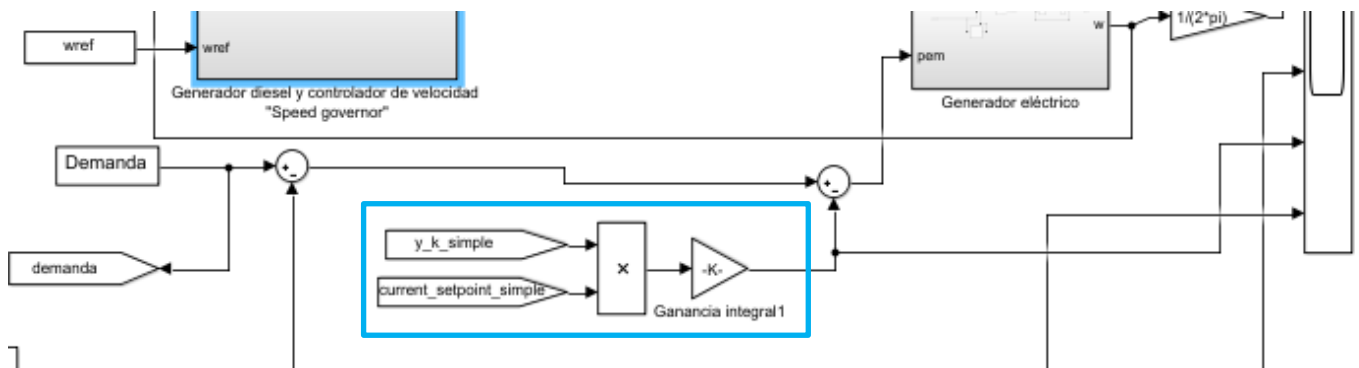


Ilustración 48: Baterías Simulink

Fuente: Propia

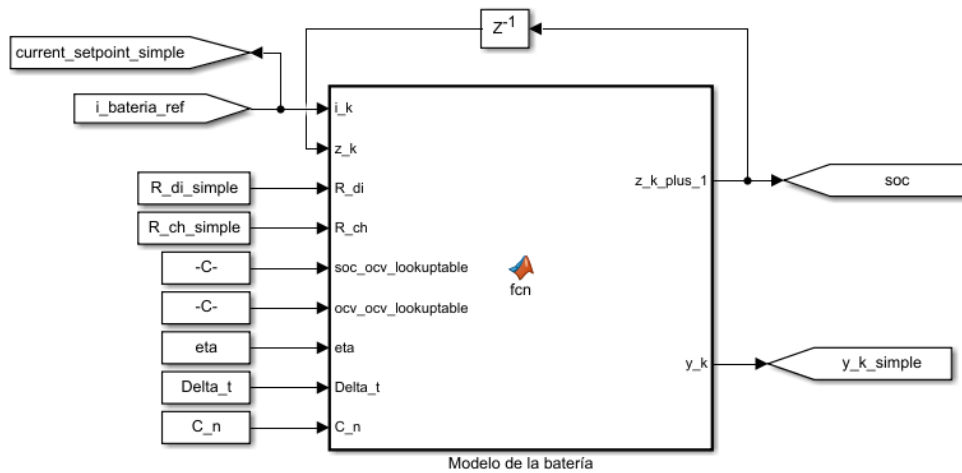


Ilustración 49: Bloque modelo de la batería Simulink

Fuente: Propia

Tiene como entradas las características propias de la batería como, por ejemplo, la resistencia de carga o la de descarga. Este bloque permite obtener las salidas de estado de carga y voltaje de la batería en un tiempo determinado.

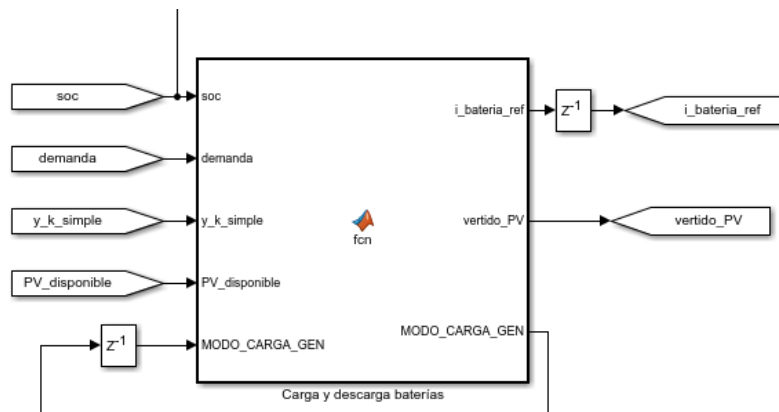


Ilustración 50: Bloque Carga y descarga batería Simulink

Fuente: Propia

Si se sabe el estado de carga y el voltaje de la batería en cualquier momento, se puede crear un código “Carga y descarga baterías” con el fin de que cargue y descargue cuando y como se desee.

6.5 Interpretación de los resultados obtenidos

Los resultados que se analizan son con una conexión de 10 baterías en serie que proporcionan 20 kW de potencia máxima, las placas solares Bauer Energy y motor Volvo Penta de 320 kW, las mismas características del código presentado en el apartado anterior. Cuando se pone en funcionamiento el programa con el comando “Run” en el código de parámetros, obtenemos dos gráficas una cuando la irradiancia es constante (G) y otra cuando la temperatura es constante (T):

La primera es: Gráfica I-V y P-V variando G y T constante:

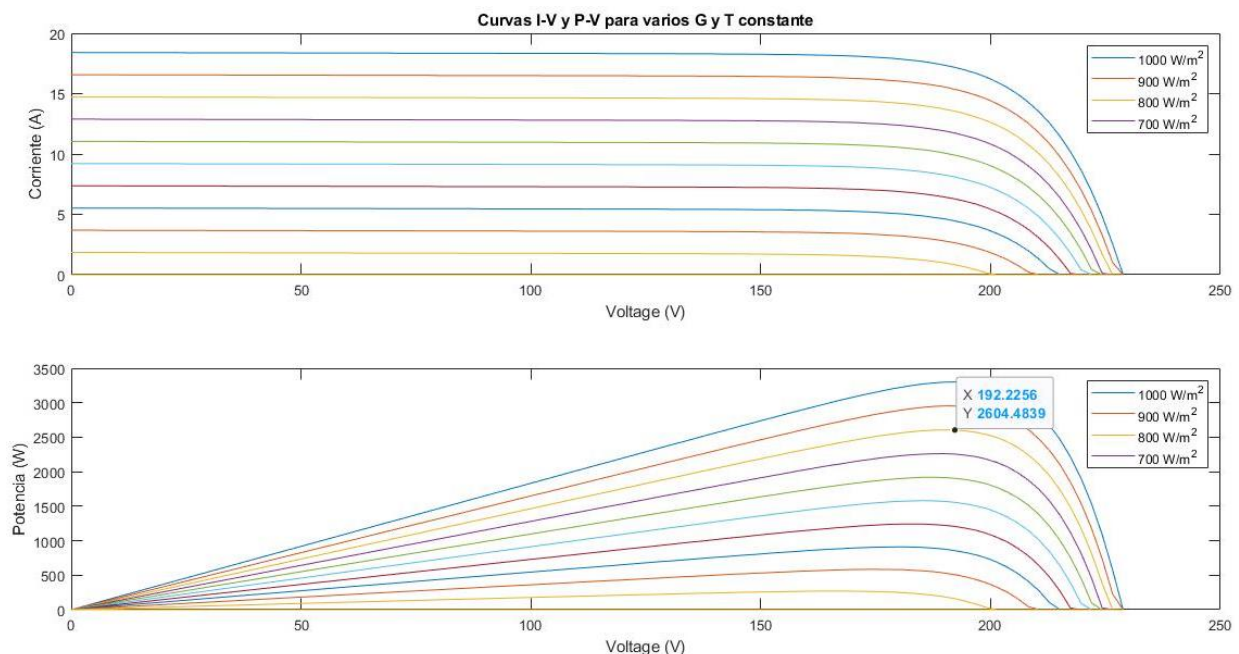


Ilustración 51: Gráfica I-V y P-V variando G y T constante.

Fuente: Propia

En esta podemos ver el voltaje necesario de las placas para según que potencia o corriente. Como se puede observar, para una irradiancia de 800 W/m² se genera una potencia de aproximadamente de 2.6 kW y un voltaje cercano a 19 V. Gracias a estos datos, se puede saber que se proporcionará entre 2.5 y 3 kW durante 2, tiempo que se obtienen 800 W/m² de irradiancia (Tabla 10).

Otra gráfica que proporciona el programa es la I-V y P-V variando T y G constante.

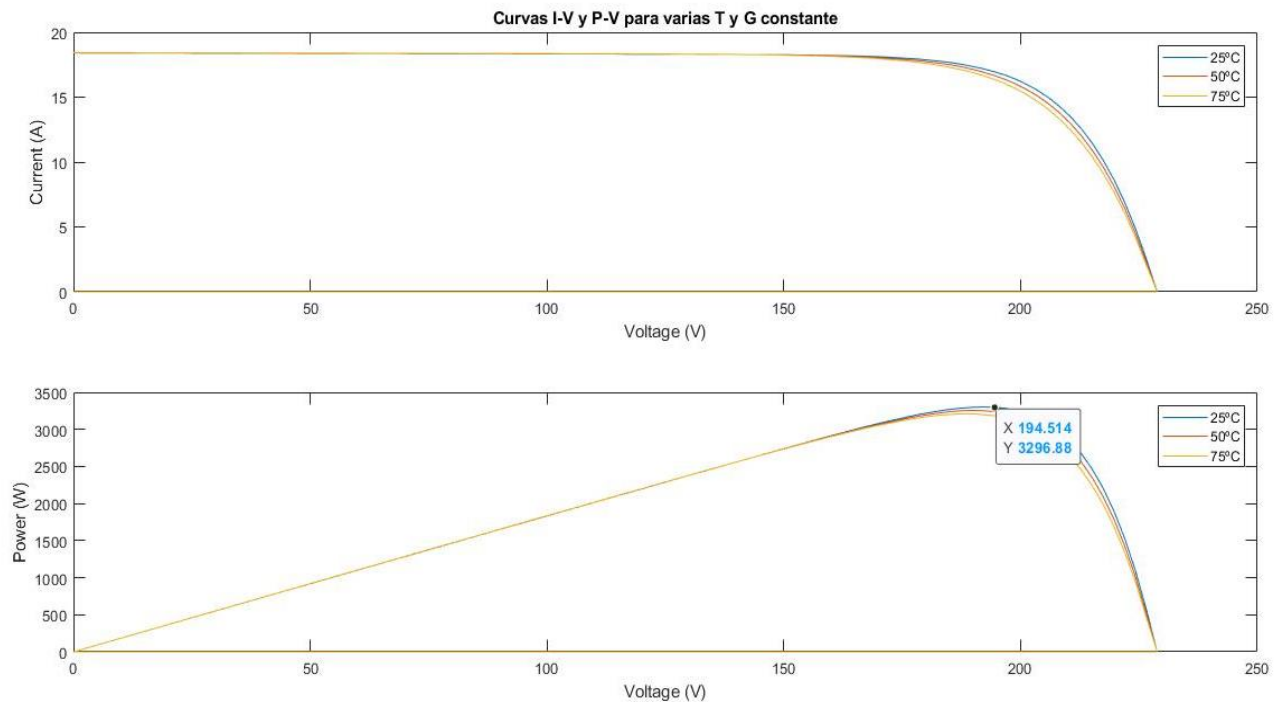


Ilustración 52: Gráfica I-V y P-V variando T y G constante.

Fuente: Propia

A una temperatura media de 25°, será necesario crear 195V para obtener 3.3 kW. Con los datos proporcionados por la otra gráfica, podemos deducir que sólo tendremos ésta gran cantidad de energía en un corto periodo de tiempo porque 190V se generan con altas irradiancias que en la zona que navegamos y en las horas del trayecto son escasas.

Como resultados del programa Matlab Simulink, se obtienen las gráficas donde aparece la demanda del generador diésel (azul) final, la frecuencia, la irradiancia y el estado de las baterías, tanto de carga y descarga (amarillo) como de funcionamiento (rojo):

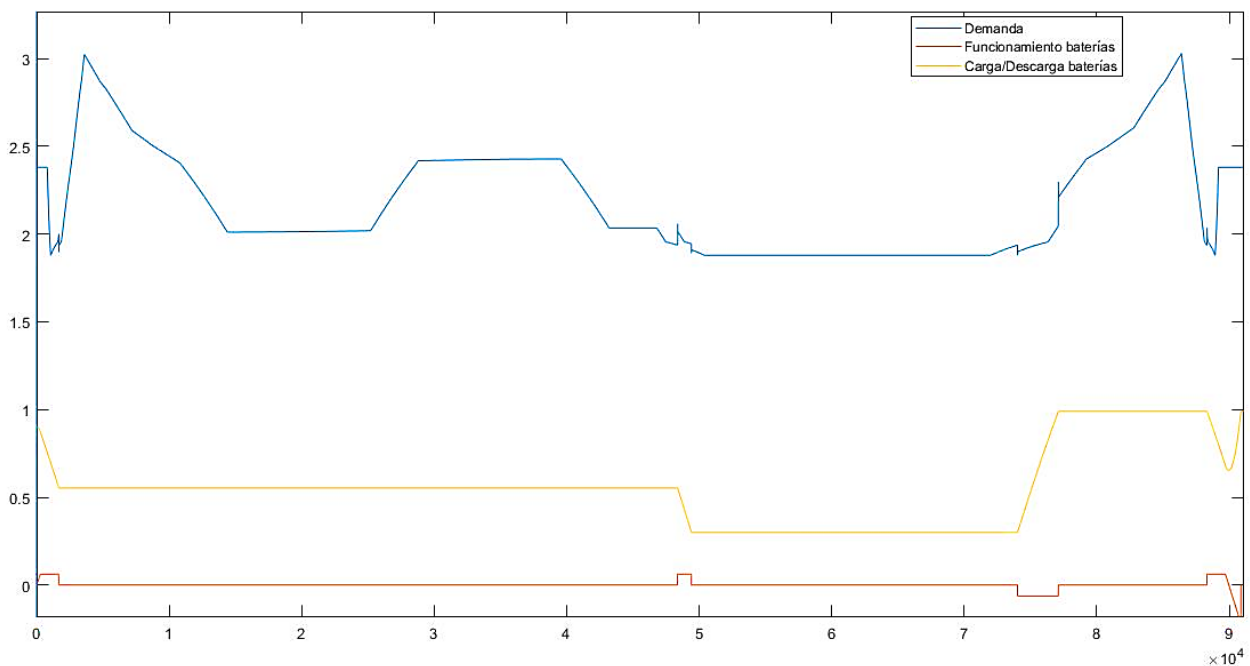


Ilustración 53: Gráfica simulación resultados finales.

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos se ven coherentes con las restricciones impuestas. Cuando la demanda de la embarcación es muy elevada, el motor diésel es el que aporta la mayor parte de la energía y a la vez carga las baterías (principio y final de la gráfica). También se puede apreciar que cuando las baterías están totalmente cargadas estas aportan su energía al motor, creando así una simbiosis. Otro aporte es la irradiancia, pero como ya se ha dicho, aporta, pero no lo suficiente. Aun así, toda ayuda es buena para reducir la demanda. Otra restricción que cumple el programa es que cuando la demanda es muy baja (en caso del yate es por la noche cuando la irradiancia es cero), son las baterías las que están en funcionamiento hasta que se descargan totalmente y no puede volver a aportar energía hasta que se exijan demandas superiores al 0.4 (final de la gráfica).

La irradiancia no se ha podido juntar con el resto de las gráficas de la ilustración 54 ya que sus dimensiones alteraban el tamaño de las otras:

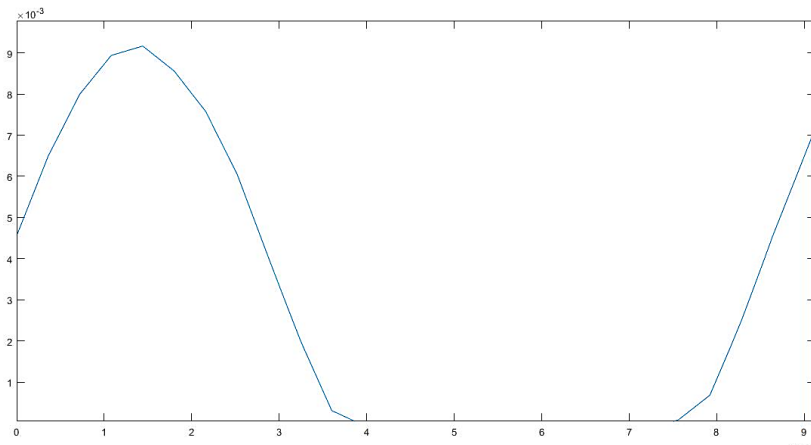


Ilustración 54: Gráfica irradiancia Simulink.

Fuente: Propia

Otro aparato que se puede analizar es el comportamiento de las baterías inician el proceso totalmente cargadas:

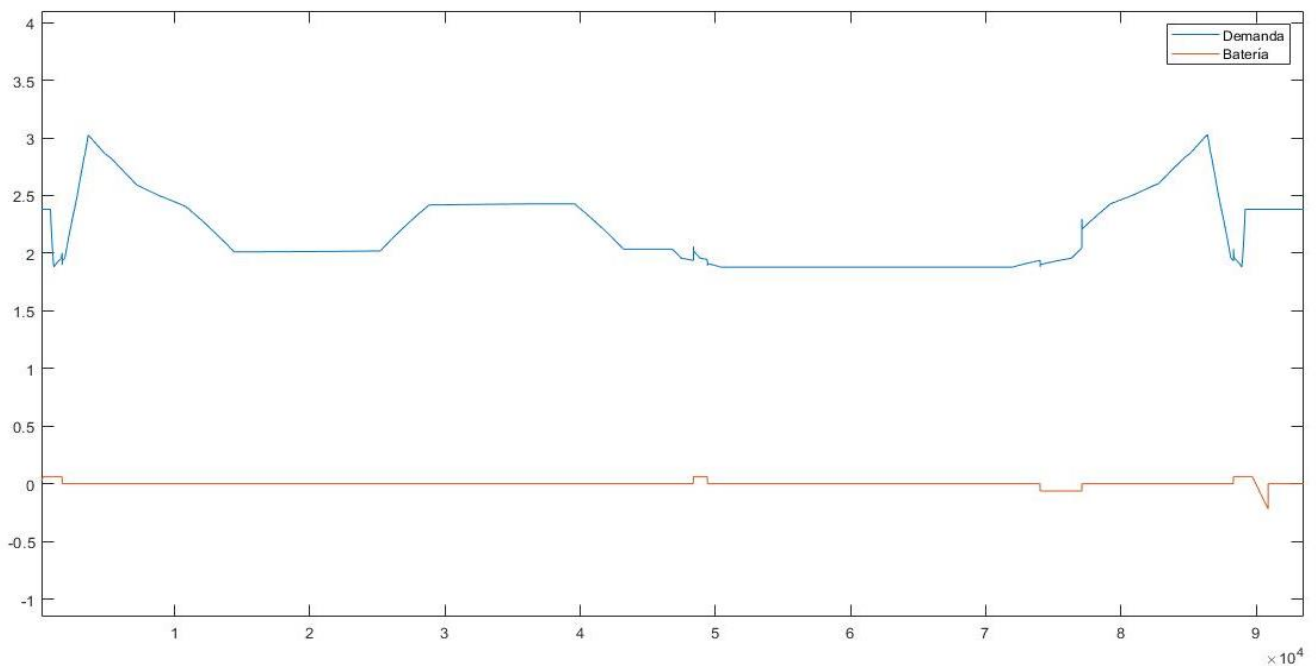


Ilustración 55: Gráfica comparación demanda con el comportamiento de las baterías.

Fuente: Propia.

Al inicio la demanda es muy elevada y por consiguiente las baterías aportan energía, pero no se descargan del todo. Luego aparece otro momento en el que también colabora, pero en este acaba

descargándose totalmente. y no se vuelven a cargar hasta que aparece el último pico de demanda. Otro dato que se puede apreciar en la imagen es cuando las baterías se terminan de cargar la demanda del motor desciende y al momento la batería se vuelve a descargar.

Como conclusión, se afirma que el funcionamiento del programa es correcto y por lo tanto está preparado para realizar dos estudios.

6.6 Estudios

Una vez comprobado el funcionamiento correcto del programa se ha realizado dos estudios: la reducción del combustible y la sensibilidad respecto al tamaño de las baterías.

6.6.1 Ahorro del combustible

Como se ha mencionado en el apartado de la descripción Matlab Simulink, se encuentra un comando que proporciona la energía consumida por el generador diésel (Ilustración 47) que es muy útil poder calcular el ahorro de combustible. Este ahorro estima a partir de la gráfica de eficiencia del motor, ya que sabemos que para 80,6 kW se consumen 4,2 L/h (Tabla 11) que para 26 horas de funcionamiento serian 109,2 litros.

El estudio se realiza a la combinación de 10 baterías en serie que proporcionan 20 kW y 20kWh, motor diésel y placas solares. Se crean 4 situaciones:

	Motor	PV	Baterías	Energía (p.u)	Consumo (kWh)	Ahorro		
						kWh	kW	Litros
Situación 1	X	X	X	205100	18231,11			
Situación 2	X	X		205500	18266,67	35,56	1,37	<1
Situación 3	X		X	205700	18284,44	53,33	2,05	0,5-1
Situación 4	X			206200	18328,89	97,78	3,76	2

Tabla 20: Estudio de ahorro del combustible.

Fuente: Propia.

Los resultados también muestran el buen funcionamiento del programa por la razón de que consume muchísimo más el motor solo que combinado con las baterías y las placas solares. Respecto al ahorro, las placas solares son las menos influyentes, no hacen ni que ahorremos 1 litro de combustible en 26 horas.

En general se considera un ahorro muy pequeño independientemente de las situaciones teniendo en cuenta el tiempo que está en funcionamiento. Este ahorro tan pequeño puede ser causado por una mala combinación de las baterías.

6.6.2 Sensibilidad de las baterías

En este estudio se han ido variando el número de baterías conectadas en serie y paralelo para poder observar el consumo del motor, el ahorro de combustible, precio, peso con el fin de poder escoger la más adecuada.

	Nº Baterías	Nº Baterías serie	Nº Baterías paralelo	Consumo (kWh)	Precio (€)	Peso (Kg)	Ahorro (L)
Combinación 1	50	10	5	18124,44	120.000 €	1344,5	8-10
Combinación 2	30	10	3	18168,89	72.000 €	806,7	7-8
Combinación 3	18	18	1	18213,33	43.200 €	484,0	3-5
Combinación 4	10	10	1	18231,11	24.000 €	268,9	2

Tabla 21: Sensibilidad de las baterías.

Fuente: Propia

Se aprecia que la decisión esta complicada, cuando ahorramos combustible el precio es elevado y cuando se escoge poco peso más consume. Al fin y al cabo, no dejan de ser restricciones que el propio consumidor o armador del barco habrá de escoger. En este caso se ha priorizado el ahorro y el consumo respecto al precio y al peso. Se ha elegido como mejor combinación 30 baterías las cuales 10 en serie y 3 en paralelo en la sala de máquinas.

6.7 Resumen del contenido del Capítulo 6

En este capítulo se ha presentado toda la parte programable del proyecto. Primero, se han definido muy bien las restricciones para luego implementar dos códigos: uno general con las entradas del capítulo 5 y el otro dirigido únicamente a la carga y descarga de las baterías. Segundo, se utiliza el Simulink para optimizar las energías y se obtienen unos resultados lógicos y correctos. Para acabar, se han realizado 2 estudios, uno para el ahorro de combustible y otro mejorar la combinación de las baterías.

Como conclusión principal del capítulo es que las placas solares no influyen tanto como se esperaba en un inicio y que las combinaciones de las baterías dependen mucho de las prioridades de cada uno. Aunque si se habla de priorizar la eficiencia y el ahorro energético la mejor combinación es de 30 baterías (10 en serie y 3 paralelo) o las 18 baterías en serie por el peso.

Capítulo 7. Conclusiones generales

A lo largo de este trabajo se ha desarrollado toda la planta eléctrica siguiendo los planos de una embarcación ya existente. Esta planta está constituida por motor diésel, generador eléctrico, baterías de litio y placas fotovoltaicas policristalinas.

La memoria está enfocada en responder a dos planteamientos: uno, en averiguar si es posible la instalación de un sistema híbrido y el otro es saber si es rentable.

A la primera conclusión que se llega es que sí es posible su instalación en una embarcación ya existente. Esto queda demostrado en los planos de disposición general, el balance eléctrico, el diagrama unifilar y las fichas técnicas de cada elemento que muestran que todos los equipos funcionan correctamente entre ellos.

Para llegar a la deducción del segundo planteamiento se han interpretado dos estudios: uno, sobre el ahorro de combustible y el otro en la sensibilidad de las baterías. Del primer análisis se llega a la conclusión de que no es rentable. En cambio, en el segundo, es mucho más difícil de interpretar ya que lleva acarreado el dilema de qué priorizar. En este caso, siempre se ha optado por la eficiencia y el cuidado medioambiental frente a la economía y las dimensiones. Finalmente, se ha llegado a la conclusión de que a pesar de elegir lo más eficiente y ecológico no es suficiente para que sea rentable.

Por otro lado, no se ha redactado esta memoria con el propósito de desestimar cualquier investigación anterior o posterior a ésta. Con estos mismos equipos en otras circunstancias los resultados podrían haber sido diferentes (otra embarcación, otro recorrido, otra demanda de potencia...).

Como trabajo futuro se deja realizar otro estudio cambiando las entradas del programa Matlab (demanda, irradiancia, eficiencia del motor y características de las baterías) con el fin de mejorar los resultados obtenidos. Otra propuesta es cambiar de embarcación sin modificar las entradas que se han

realizado en este trabajo, excepto la demanda que, obviamente, será diferente. Se recomienda escoger un velero o embarcaciones tipo C como sustituto de nuestro yate.

Como posibles ampliaciones futuras está la de realizar el mismo estudio de sensibilidad de las baterías, pero con otras marcas y así poder hacer una investigación de campo más amplia para saber cuál es la batería más eficiente del mercado.

Referencias bibliográficas

- [1]. Twenergy, (2019), *¿Qué emite CO₂?*, URL: <https://twenergy.com/a/que-emite-co2-137> . Fecha consulta: febrero 2019.
- [2]. Greenpeace, (2011), *Informe especial de IPCC sobre energías renovables*, URL: http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/IPCC%20SSREN.pdf . Fecha de consulta: febrero 2019.
- [3]. Oceana, (2009), *Contaminación por la Industria Naval*, URL: <https://eu.oceana.org/es/contaminacion-por-la-industria-naval-0>, Fecha de consulta: febrero 2019.
- [4]. Agencia Europea de Medio Ambiente, (2000), *Consumo de energía y emisiones de CO₂ anuales de los distintos modos de transporte en Europa*. Fecha de consulta: febrero 2019.
- [5]. Biblioteca de la Facultat de Nàutica de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), (2018), *Guia tècnica per a la elaboració del treballs fi de grau (TFG) i treballs fi de màster (TFM)* URL: <https://www.fnb.upc.edu/sites/default/files/secretaria/Guia%20elaboració%20TFGM.pdf> Fecha de consulta: enero 2019.
- [6]. Transport & Environment, (2019), *Cruise ships poisoning city air with sulphur as much as cars—new data reveals*, URL: <https://www.transportenvironment.org/news/cruise-ships-poisoning-city-air-sulphur-much-cars—new-data-reveals> . Fecha de consulta mayo 2019.
- [7]. Institute of Atmospheric Physics, (2007), *Comparing Fuel Consumption, CO₂ and Other Emissions from International Shipping and Aircraft: A Summary of Recent Research Findings*, URL: https://www.dlr.de/pa/en/desktopdefault.aspx/tabid-2342/6725_read-9763/ . Fecha de consulta mayo 2019.
- [8]. International Chamber of Shipping, (2017), *ICS Commits Shipping to Ambitious CO₂ Reduction Objectives*, URL: <http://www.ics-shipping.org/news/press-releases/view-article/2017/05/15/ics-commits-shipping-to-ambitious-co2-reduction-objectives> .Fecha de consulta mayo 2019.
- [9]. International Marine Organization, (2011), *Energy Efficiency Measures*, URL: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> . Fecha de consulta mayo 2019.
- [10]. Ingeniero Marino, (2016), *El Convenio MARPOL 73/78* , URL: https://ingenieromarino.com/el-convenio-marpol-7378/#2-Historia_de_su_nacimientonbsp . Fecha de consulta febrero 2019

- [11]. Bureau Veritas TV , (2012), *Control de emisiones de gases a la atmósfera en el transporte marítimo*, URL: <http://www.bvemedialtv/index.php?mapa=webtv&accion=clip&id=833> . Fecha de consulta febrero 2019.
- [12]. Marpol Annex VI, (2008), *MARPOL Annex VI NOx Technical Code & SOx explained*, URL: <https://www.marpol-annex-vi.com/marpol-annex-vi/> . Fecha de consulta febrero 2019.
- [13]. Marpol Annex VI, (2008), *EEDI & SEEMP*, URL: <https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/> . Fecha de consulta febrero 2019.
- [14]. Real Decreto 2015/757, de 29 de abril 2015 y por el que se modifica la Directiva 2009/16/CE, URL: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2015-80964> . Fecha de consulta: abril 2019.
- [15]. Real Decreto 1257/2013, de 20 de noviembre de 2013, URL: <https://www.boe.es/doue/2013/330/L00001-00020.pdf> . Fecha de consulta: abril 2019.
- [16]. International Marine Organization, (2009), *Convenio internacional de la OMI para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques. Hong Kong 2009*. Fecha de consulta: abril 2019.
- [17]. European Commission DG Environment, (2011), *Recovery of obsolete vessels not used in the fishing trade*, URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/ships/pdf/Final_report_ver03_09_12_2011.pdf . Fecha de consulta: abril 2019.
- [18]. Energía solar, (2017), *Energía solar fotovoltaica*, URL: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica> . Fecha de consulta: marzo 2019.
- [19]. Bellver Elena, (2019), *¿Cómo funciona la energía solar?*, URL: <https://erenovable.com/como-funciona-la-energia-solar/> . Fecha de consulta: marzo 2019.
- [20]. Inti , (2015), *Nuevas embarcaciones serán ecológicas y responsables con el medio ambiente*, URL: <https://inti.tv/nuevas-embarcaciones-seran-ecologicas-y-responsables-con-el-medio-ambiente/> . Fecha de consulta: mayo 2019.
- [21]. National Geographic, (2016), *Biofuels: The Benefits and Drawbacks*, URL: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/biofuel/> . Fecha de consulta: mayo 2019.
- [22]. Tendencias, (2018), *Energía del hidrógeno: Qué es, ventajas y desventajas*, URL: <https://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/> . Fecha de consulta: marzo 2019.
- [23]. Peña Ana Belén, IMF Business School, (2015), *Hidrógeno como Energía Renovable*, URL: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/hidrogeno/hidrogeno-como-energia-renovable-ventajas-inconvenientes/> .Fecha de consulta: marzo 2019.
- [24]. Generatuluz, (2008), *Baterías plomo-ácido abiertas*, URL: <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/baterias-plomo-acido/> .Fecha de consulta: marzo 2019.
- [25]. Vargas Nahuelpani Diego, (2015), *Diferencias entre una Batería AGM, GEL y VRLA*, URL: <http://blog.dmu.cl/2015/09/diferencias-bateria-agm-gel-vrla.html> . Fecha de consulta: marzo 2019.

- [26]. Battery university, (2017), *BU-201a: Absorbent Glass Mat (AGM)*, URL: https://batteryuniversity.com/learn/article/absorbent_glass_mat_agm . Fecha de consulta: marzo 2019.
- [27]. Náutica y Deportes Tenerife S.A, (2013), *¿Por qué Volvo IPS es el mejor sistema intraborda?*, URL: <https://www.nauticaydeportes.com/noticias/por-que-volvo-ips-es-el-mejor-sistema-intraborda/> . Fecha de consulta: mayo 2019.
- [28]. Fernández Muerza Alex, (2012), *Siete barcos que funcionan con energía solar*, URL: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2012/04/26/209019.php . Fecha de consulta: abril 2019.
- [29]. AutoSolar, (2019), *Paneles Solares para Barcos*, URL: <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-para-barcos> . Fecha de consulta: abril 2019.
- [30]. European Commission, (2019), *PVGIS*, URL: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html . Fecha de consulta: abril 2019.
- [31]. Ibáñez (Colaborador en Motorpasión), (2012), *"El motor de combustión es el más eficiente hoy": FALSO*, URL: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/el-motor-de-combustion-es-el-mas-eficiente-hoy-falso> Fecha de consulta: abril 2019.
- [32]. Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs Part 2. Modeling and identification. Journal of Power Sources 134 (2004) 262–2761

ANEXO I

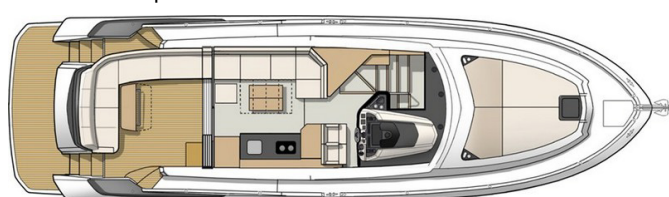
Versión Hardtop:



Versión Sport fly:



Versión cocina superior



CARACTERÍSTICAS GENERALES

• Eslora total*:	15,78 m	51'9"
• Eslora casco:	14,17 m	46'6"
• Manga total:	4,40 m	14'5"
• Manga casco:	4,38 m	14'4"
• Desplazamiento en rosca CE:		
- Versión Hardtop	12 961 kg	28,566 lbs
- Versión Sport fly	13 210 kg	29,115 lbs
• Altura sobre flotación:		
- Versión Hardtop	5,34 m	17'6"
- Versión Sport fly	5,09 m	16'8"
• Calado (máx.):	1,16 m	3'10"
• Capacidad carburante:	2 x 650 L	2 x 172 US Gal
• Capacidad agua:	400 L	106 US Gal
• Potencia motor máxima:	2 x 320 Kw - 2 x 435 CV	2 x 435 HP
• Homologación motor máxima:	2 x 320 Kw - 2 x 435 CV	2 x 435 HP

* (con plataforma de baño a popa)

ARQUITECTOS / DISEÑADORES

- Arquitecto Naval: Beneteau Power Boats
- Diseño: Nuvolari & Lenard
- Configuración interior: Andreani Design

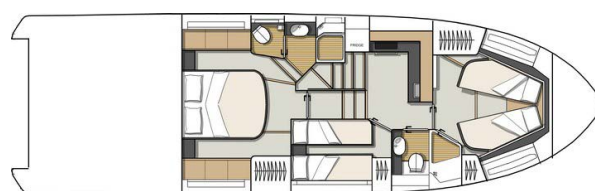
CERTIFICACIÓN CE

- Categoría B - 12 personas
- Categoría C - 12 personas

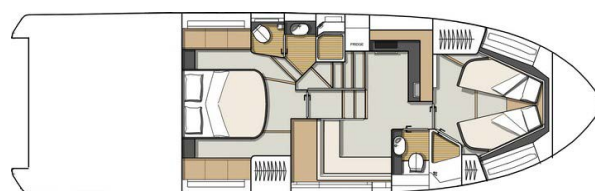
SISTEMA AIR STEP®

- R.L. Jeantet
- P. Tableau
- M. Tronquez

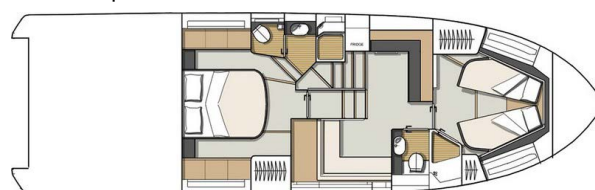
Versión 3 camarotes:



Versión 2 camarotes:



Versión cocina superior



EQUIPO ESTÁNDAR

CONSTRUCCIÓN

CASCO

- Sistema Air Step®
- Casco blanco
- Composición:
 - Sandwich (Resina poliéster - Fibras de vidrio - Alma balsa)
 - Contra molde de casco estratificado en monolítico (Resina poliéster - Fibras de vidrio)
 - Moldeado por infusión
- 9 Portillos abribles (equipados con cortinas)

CUBIERTA

- Composición:
 - Sandwich (Resina poliéster - Fibras de vidrio - Alma balsa)
 - Contra molde de cubierta estratificado en monolítico (Resina poliéster - Fibras de vidrio)
 - Moldeado por infusión

EQUIPO DE CUBIERTA

- Luz de cortesía en la bañera
- Luces de navegación

AMARRE - FONDEO

- Herraje de proa con sistema de bloqueo del ancla
- Molinete eléctrico (con telemando) potencia 2 000W
- 2 Cornamusas a proa, 2 en el centro y 4 en la popa, de acero inoxidable

PROTECCIONES HUMANAS

- Balcón semiabierto de acero inoxidable con guardamancebos y pasamanos
- 2 Pasamanos inox. de acceso a los peldaños de pasavantes
- 1 Pasamanos forrado de piel sintética Taupe, detrás de la banqueta de bañera

BAÑERA

- Acceso por un portillo
- Banqueta exterior 8 plazas (transformable en solarium con opción mesa)
- Espacio para balsa salvavida *2 plazas
- Cofre de estiba para amarras y defensas
- Ducha de bañera con mezclador agua caliente / Agua fría
- Plataforma de baño
- Tapa de acceso a la sentina del motor
- Acceso al pasavante a babor desde la plataforma de baño y la bañera
- Escalera de baño inoxidable
- Garaje para embarcación auxiliar semirígida y motor en posición 2,90 m/ 9'5"
- Abertura eléctrica asistida por 2 elevadores eléctricos
- Acceso cuarto de máquinas por el garaje
- Cocina popa (Opcional)

SPORT FLY (en las versiones Sport fly únicamente)

- Escalera de acceso en la bañera
- Salón en U para 6 personas
- Mesa de teca
- Asiento copiloto doble, convertible en solarium
- Asiento del piloto
- Cuadro de instrumentación
- Controles motor en pantalla digital 4" (Volvo)
- Espacio para la electrónica (12")

INTERIORES

- Suelos estratificados Roble castaño
- Ebanistería Alpi Nogal mate (estándar)
- Ebanistería Alpi roble cepillado (Opcional)
- Suelo de teca en el salón (Opcional)
- Moqueta (Opcional)
- Tapicerías interiores y exteriores combinadas para escoger entre:
 - PVC Marlin Brilliant White (estándar)
 - PVC Bi-ton Marlin Brilliant White & Valencia Sisal
 - Sumbrella Chartres Dove

TIMONERÍA

Altura bajo bao: 2,10 m / 6'11"

- Cristalera corredera 4 batientes con cortinas (espejo ahumado)
- Iluminación (spots e indirectas)

PUESTO DE GOBIERNO

- Parabrisas translúcido, montantes lacados en negro
- 2 Limpiaparabrisas y función proyector de agua parabrisas
- Sistema antivaho
- Banqueta piloto y copiloto doble con función Bolster, Tapicerías PVC negro y Taupe
- Cuadro de instrumentos blanco, Tablero de instrumentos negro brillante & Capitoneado en piel sintética negra
- Compás
- Controles motor en pantalla digital 4" VOLVO
- Toma USB (12 V)
- Porta objetos
- Espacio para la electrónica (16" o 19")
- 1 Pasamanos forrado de piel sintética Taupe
- 2 Portavasos
- Portillo abrible (Estríbor)
- Hard top de fibras de vidrio con techo abrible eléctrico integrado (en las versiones Hardtop únicamente)

SALÓN

Salón de timonería:

- 2 Grandes ventanales laterales eléctricos (Opcional)
- Banqueta 6 personas y mesa de madera haciendo juego con la ebanistería, Pie de mesa eléctrico
- Canapé 2 plazas frente a frente
- Puf
- Espacio para televisor pantalla 32", Altavoces Bose (Opciones)
- 2 Tomas 220 V

SALÓN INFERIOR (Versión 2 camarotes)

Altura bajo bao: 1,98 m / 6'6"

- Banqueta - 4 personas
- Armarios para estiba
- Portillo de casco abrible en el salón
- Toma 220 V

O: 3ER. CAMAROTE (Versión 3 camarotes)

- 2 Literas simples
- Colchón marino
- Armario ropero + Armarios para estiba
- Toma 220 V

COCINA (Versión cocina inferior)

Altura bajo bao: 1,98 m / 6'5"

- Fregadero inox. con mezclador
- Placa vitrocerámica, 2 fuegos
- Encimera de Corian gris claro
- Horno grill microondas
- Frigorífico Congelador 190 L
- Estiba cubiertos
- Basurero
- Portillo de casco abrible
- Armarios para estiba, Magic corner
- Muebles acabado lacado Taupe
- 2 Tomas 220 V

COCINA (Versión cocina superior)

Altura bajo bao: 2,10 m / 6'11"

- Mueble de cocina:
 - Fregadero inox. con mezclador
 - Placa vitrocerámica, 2 fuegos
 - Plano de trabajo en Corian
 - Estibas
 - Basurero
 - Frigo cajón (75 L)
- Espacio de estiba inferior:
 - Plano de trabajo en Corian
 - Horno grill microondas
 - Frigorífico Congelador 190 L
 - Estiba cubiertos
 - Portillo de casco abrible
 - Armarios para estiba, Magic corner
 - Muebles acabado lacado Taupe
 - 2 Tomas 220 V

CAMAROTE ARMADOR (POPA)

Altura bajo bao: 1,89 m / 6'2"

- Cama doble (1,62 m x 1,94 m / 5'4" x 6'4")
- Cama montada sobre cilindros con 3 cofres de estiba
- Colchón marino sobre somier de lamas
- Cabecera de cama acolchado
- 2 Lámparas de cabecera, Roperos, 6 Cofres para guardar objetos
- Iluminaciones spots y lectoras, & Iluminación indirecta
- 2 Tomas 220 V
- 2 Portillos de casco panorámicos con portillos abribles integrados, equipados con persianas
- Espacio para televisor pantalla LED 32" (+ TV opcionales)
- Espejo

ASEO ARMADOR

Altura bajo bao: 1,95 m / 6'5"

- WC eléctrico Tecma
- Ducha separada por puerta translúcida
- Lavabo con mezclador
- Espejo y estibas
- Evacuación automática agua de ducha
- Toma 220 V
- Portillo de casco abrible

CAMAROTE VIP (PROA)

Altura bajo bao: 1,96 m / 6'5"

- 1 Cama doble (1,42 x 1,90 m / 4'8" x 6'3")
- Colchón marino sobre somier de lamas
- 2 Portillos de casco panorámicos con portillos abribles integrados, equipados con persianas
- Armario ropero, estanterías
- Toma 220 V
- Iluminaciones spots y lectoras, & Iluminación indirecta
- Espejo

ASEO VIP

Altura bajo bao: 1,97 m / 6'5"

- WC eléctrico Tecma
- Ducha separada por puerta translúcida
- Lavabo con mezclador
- Espejo y estibas
- Evacuación automática agua de ducha
- Toma 220 V
- Portillo de casco abrible

MOTORIZACIÓN

Propulsión IPS:

- Volvo 2 x IPS 600 - 2 x 435 CV/HP Diesel (2 x 320 Kw) EVC-E + Joystick
- Filtro de carburante con decantador
- Filtro de agua de mar
- Tomas de aire sobre la cubierta para enfriamiento de la sentina del motor
- Evacuación de aire caliente forzada por ventiladores eléctricos
- Sala de máquinas aislada con espuma de insonorización
- Sistema de extinción de incendios con activación desde el puesto de gobierno
- Tapón carburante inoxidable
- 2 Depósitos de carburante rotomoldeados, capacidad de 650 L / 172 US Gal cada uno

Sistema de dirección:

- Dirección hidráulica
- 2 Bases con hélices contrarrotativas

Softs Volvo:

- Trip computer
- Cruise control
- Single lever
- Low speed

ELECTRICIDAD

- Cuadro eléctrico 24/220V con pantalla Scheiber para la gestión de los aparatos eléctricos
- Interruptores sin hilo mandos por radio (sin pila)
- 2 Tomas de puerto 230 V - 50 Hz 63A con cable de 15 m
- 8 Baterías 12 V (4 Baterías motor 50 Ah + 4 Baterías servicios 140 Ah)
- 2 Bombas de achique eléctricas
- 2 Extintores
- Convertidor 12/24 V
- Cargador de baterías 24 V 60 Ah
- Tomas interiores 220 V
- Iluminaciones spots y lectoras

FONTANERÍA

- 1 Depósito de agua rotomoldeado, capacidad de 400 L / 106 US Gal
- Tapón de agua inox.
- Grupo de agua para presurización del circuito de agua caliente / fría
- Calentador de agua 60 L / 16 US Gal que funciona sobre intercambiador motor y 220 V

ACABADOS & PACKS

ACABADOS

	ESSENTIAL	LOUNGE
• Ship Control	■	■
• Pantalla GPS multifunciones Garmin 17" y Sonda	■	■
• Para version Sport fly: Pantalla Garmin 12" en el fly	■	■
• Sistema audio Atoll, Altavoces Bose 2.1 en el salón y Altavoces Fusion en la bañera (+ Para version Sport fly: Altavoces en el fly)	■	■
• Bañera alistonada de teca	■	■
• Plataforma de baño alistonada en teca	■	■
• Mueble estiba, en la bañera		■
• Sistema de botadura de la embarcación auxiliar (cabrestante y rodillos)		■
• Mesa de bañera de teca, convertible en solárium (incluido pie eléctrico, cojín y funda de mesa)		■
• Colchón solárium de proa con respaldo ajustable		■
• Volante piel Luxe		■

PACKS

PACK ELECTRONIC

- Piloto automático integrado
- Radar Garmin Broadband 4G
- Modulo conexión wifi para ipad
- Cámara de popa
- VHF + AIS Garmin
- Para version Sport fly: VHF doble puesto

PACK SPORT CHIC

- Techo luminoso, en camarote armador
- Superficie de muebles de piel sintética
- 2 Colchón de confort, en camarote armador

OPCIONES

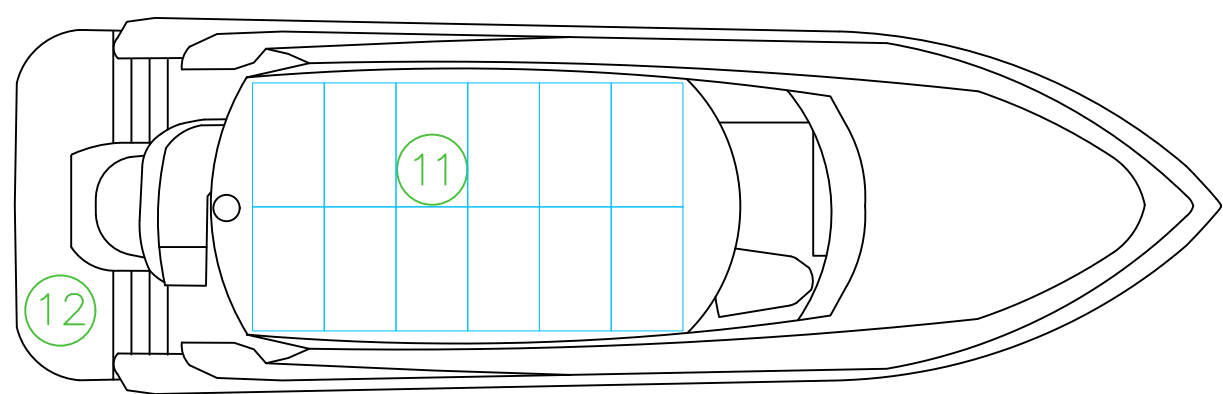
INTERIOR / CONFORT A BORDO

- Climatización Mediterráneo 57 000 BTU - 220 V
- Climatización Tropicale 63 000 BTU - 220 V
- Calefacción fuel aire forzado (en Timonería, Camarotes, Salón inferior)
- Lavavajillas
- TV 32" con sistema audio y altavoces Bose 2.1, en camarote armador
- TV 32" conectada al sistema audio y altavoces Bose 2.1, en el salón
- TV 22" con sistema audio y altavoces Fusion, en camarote VIP
- Lavadora secadora - 220 V / 50 Hz
- Tapicería salón PVC bicolor Marlin Brilliant White & Valencia Sisal
- Tapicería salón Sumbrella Chartres Dove
- Moqueta Taupe
- Moqueta Ivory
- Moqueta Dune bucle
- Congelador
- Central de aspiración
- Yacht Case Elle Deco "Arts de la table"
- Convertidor 220V 2 kVA
- Mosquiteras
- Persianas venecianas, en el salón
- Suelo de teca, en el salón (no incluye el puesto de gobierno)
- Frigorífico cajones (75 L), en el salón

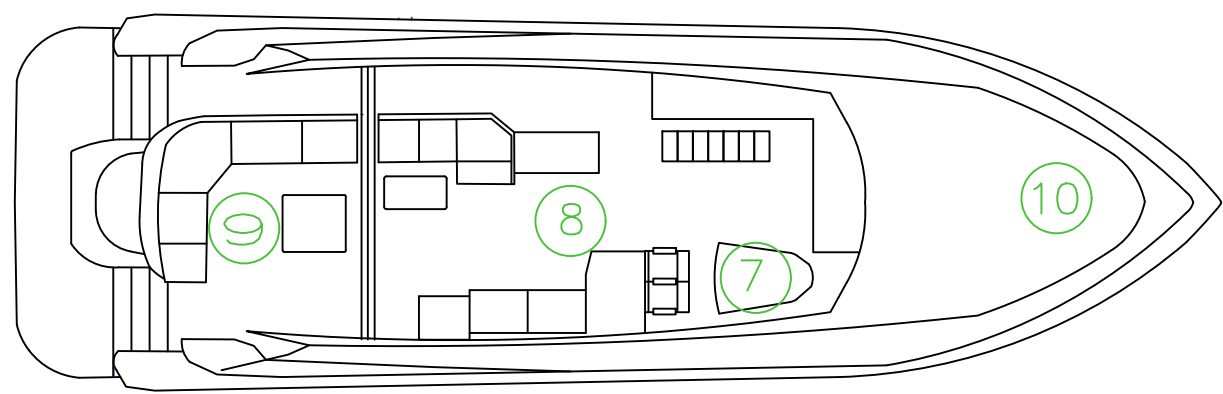
EXTERIOR

- Tapicerías exteriores PVC bicolor Marlin Brilliant White & Valencia Sisal
- Tapicería exterior Sumbrella Chartres Dove
- Fundas de protección, tapicerías exteriores
- Ventanas eléctricas laterales de timonería
- Cortinas exteriores de parabrisas Sunworker negro
- Persiana eléctrica negra retráctil, en la bañera (en las versiones Hardtop únicamente)
- Cocina popa (En plataforma de baño)
- Plataforma de baño hidráulica (carga máxima 350 kg)
- Pasarela hidráulica integrada
- Bomba agua dulce lavado cubierta
- Kit de fondeo completo
- Propulsor de proa
- Generador 11 kVA / 50 Hz ONAN (220 V)
- Joystick suplementario en la bañera
- Proyector submarino
- Soportes de anexos integrados a la plataforma de baño
- Anexo Williams Minijet 280
- Casco gris azul y blanco
- Cobertura de casco
- Bimini de Fly Graphite (en las versiones Sport fly únicamente)
- Cierre trasero de la bañera Graphite (en las versiones Sport fly únicamente)
- Frigo cajón en el Sport fly (en las versiones Sport fly únicamente)
- Máquina cubitera, en la bañera
- Flaps automáticos (Zipwake)

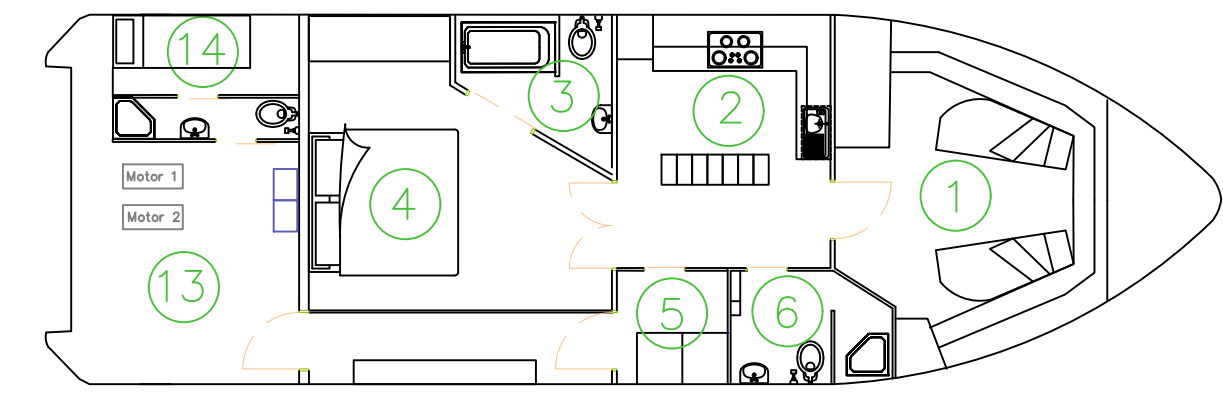
ANEXO II



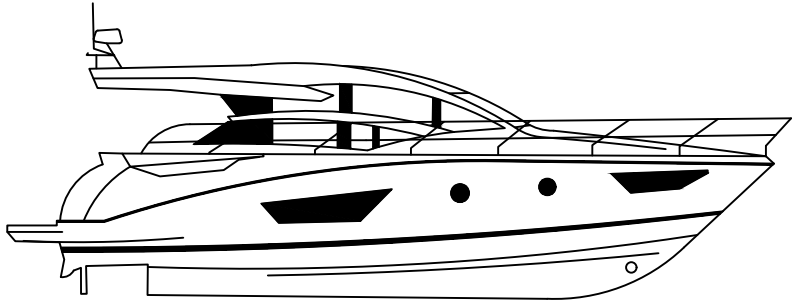

Cubierta principal



Cubierta inferior

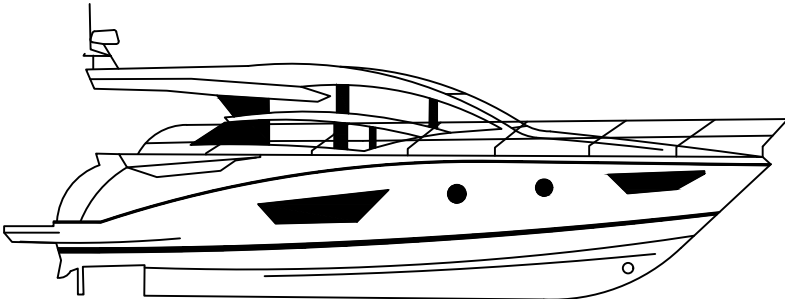



Leyenda distribución	
Cubierta inferior	1. Dormitorio niños
	2. Cocina
	3. Baño dormitorio
	4. Dormitorio principal
	5. Lavanderia
	6. Baño
	13.Sala de máquinas
Cubierta principal	14.Camarote tripulación (2)
	7. Panel de control
	8. Sala de estar
	9. Comedor
	10.Solarium
	11.Placas solares
	12.Plataforma de baño

Características Principales		Título: Distribución general, Yate Roch		Autor: Lola Rosa Checa	
Eslora total: 15,95m Manga total: 4,97m Calado(max):1,16m Altura sobre flotación: 5.34m Capacidad de agua: 400L Desplazamiento en rosca CE: 16849.3Kg					
	FORMATO	ESCALA	Dibujado	el 04/03/2019	Nº Plano: 1
	A3	1:100	Aprobado	el 14/03/2019	
			Pasado a AutoCAD	el 21/03/2019	

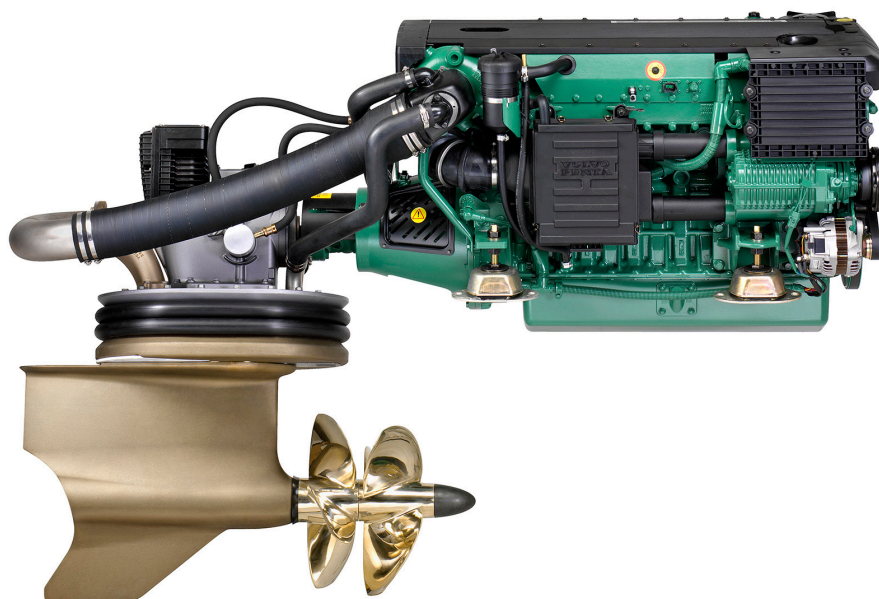
ANEXO III

FONDEADO/ANCLADO

Características Principales		Título: Modo de propulsión, Yate Roch		Autor: Lola Rosa Checa	
<p>Eslora total: 15,95m</p> <p>Manga total: 4,97m</p> <p>Calado(max):1,16m</p> <p>Altura sobre flotación: 5.34m</p> <p>Capacidad de agua: 400L</p> <p>Desplazamiento en rosca CE: 16849,3 Kg</p>					
		<p>FORMATO</p> <p>A3</p>	<p>ESCALA</p> <p>1:100</p>	<p>Dibujado</p> <p>el <u>10/05/2019</u></p> <p>Aprobado</p> <p>el <u>14/05/2019</u></p> <p>Pasado a AutoCAD</p> <p>el <u>19/05/2019</u></p>	<p>Nº Plano:</p> <p>3</p>

ANEXO IV

IPS 350/400/450/500/600



Datos Generales

Modelo del sistema	IPS350	IPS400	IPS450	IPS500	IPS600
Cilindrada, l	3.7	3.7	5.5	5.5	5.5
Número de cilindros y configuración	4 en línea	4 en línea	6 en línea	6 en línea	6 en línea
Potencia al cigüeñal, kW (CV) @ 3500 rpm	191 (260)	221 (300)	243 (330)	272 (370)	320 (435)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV) @ 3500 rpm	182 (248)	212 (289)	230 (314)	259 (352)	307 (418)
Aspiración	Turbo, aftercooler, compresor		Turbo, aftercooler,	Turbo, aftercooler, compresor	
Potencia	R5**	R5**	R4* & R5**	R5**	R5**
Peso del paquete, kg	780	780	863	887	901
Serie de hélices	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6
Voltaje	12 V	12 V	12V o 24V	12V o 24V	12V o 24V

Límites de emisiones IMO NOx, EU RCD, US EPA Tier 3

Aplicación En instalaciones dobles o múltiples en embarcaciones de planeo

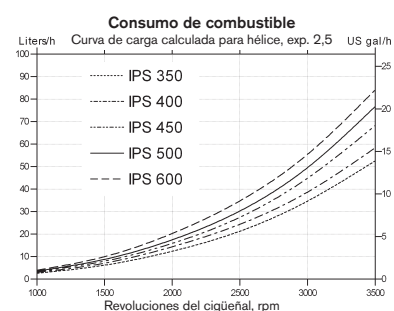
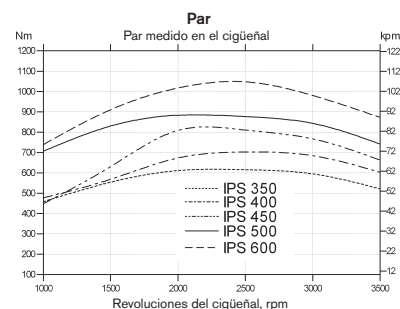
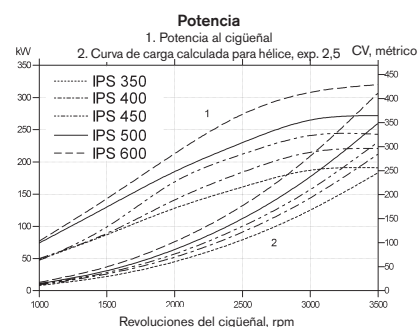
Gama de velocidades 20 a 45 nudos

Conexión motor Compacto (de serie), eje de unión como opción

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

*R4. Para embarcaciones planeadoras ligeras en operaciones comerciales

**R5. Para aplicaciones en embarcaciones de recreo. También puede usarse para embarcaciones planeadoras de alta velocidad en aplicaciones comerciales



**VOLVO
PENTA**

IPS 350/400/450/500/600

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque y culata de hierro de fundición
- Refuerzo en escalera del bloque
- Tecnología de cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Camisas integradas
- Cigüeñal de siete apoyos (cinco para el 350 y 400)

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total y by-pass fácilmente sustituible
- Enfriador de aceite tipo tubular, refrigerado por agua salada

Sistema de combustible

- Sistema de inyección common-rail
- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua

Sistema de admisión y escape

- Compresor accionado por correa con silenciador (no compresor en el 450)
- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación del cárter al sistema de admisión
- Codo o deflector de escape
- Turbocompresor refrigerado por agua dulce
- Alarma, de agua salada

Sistema de refrigeración

- Refrigeración por agua dulce con regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Filtro de agua salada y rodete de bomba de agua fácilmente accesible

Sistema eléctrico

- Alternador de 115A adaptado a uso marino con diodos zener para proteger contra aumentos de tensión y integrado regulador de carga con sensor de batería para compensar caídas de tensión

- Fusibles con reajuste automático
- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/mandos

- Paquetes completos de instrumentos/display, que incluyen la "e-key", la llave electrónica de Volvo Penta
- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe



Obtenga más información sobre el IPS Volvo Penta y las funciones únicas con las que se puede ampliar este sistema IPS.

Más información

Póngase en contacto con su concesionario más cercano de Volvo Penta si desea más información sobre los motores y los equipos/accesorios optativos Volvo Penta, o vaya a la página www.volvopenta.com



Descargue la aplicación de localizador de concesionario Volvo Penta para su iPhone o Android



VOLVO PENTA

AB Volvo Penta

SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.

Las especificaciones del motor ilustrado pueden discrepar algo de las de serie.

ANEXO V

BALANCE ELÉCTRICO DEL YATE ROCH

														NAVEGACION				MANIOBRA				FONDEO				PUERTO				
														Dia		Noche		Dia		Noche		Dia		Noche		Dia		Noche		
														Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	Factor de servicio, Ksr	Potencia estimada	
cubierta	Servicio		esenciales	emergencia	Subsistema	Equipo	Alimentación	Uds inst	Uds serv	Pot ud (W)	Potencia instalada (W)	Factor de utilización, Ku	Factor de redundancia, R	Potencia máxima demandada (W)																
-1	Iluminación				Salón principal	Luces LED	24 V dc	6	6	20	120	1	1	120,0	0,3	36,0	0,8	96,0	0,2	24,0	0,5	60,0	0,2	24,0	0,7	84,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Comedor	Luces LED	24 V dc	9	9	20	180	1	1	180,0	0,3	54,0	0,8	144,0	0,2	36,0	0,5	90,0	0,2	36,0	0,7	126,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Cabina de mando	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Pasillo	Luces LED	24 V dc	2	3	20	40	1	1	40,0	0,3	12,0	0,8	32,0	0,2	8,0	0,5	20,0	0,2	8,0	0,7	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Servicio principal	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Salón secundario	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Sala de máquinas	Luces LED	24 V dc	3	3	20	60	1	1	60,0	0,3	18,0	0,8	48,0	0,2	12,0	0,5	30,0	0,2	12,0	0,7	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0	Iluminación				Lavandería	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0	Iluminación				Servicio secundario	Luces LED	24 V dc	2	2	20	40	1	1	40,0	0,3	12,0	0,8	32,0	0,2	8,0	0,5	20,0	0,2	8,0	0,7	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Dormitorio tripulación	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Servicio tripulación	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación				Cocina	Luces LED	24 V dc	1	1	20	20	1	1	20,0	0,3	6,0	0,8	16,0	0,2	4,0	0,5	10,0	0,2	4,0	0,7	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Iluminación		X	X	Luces de emergencia	Luces LED	24 Vdc	5	5	20	100	1	1	100,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	50,0	0,8	80,0	0,5	50,0	0,7	70,0
0	Iluminación		X	X	Luces de emergencia	Luces LED	24 Vdc	10	3	20	200	1	1	200,0	0,1	20,0	0,1	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	100,0	0,8	160,0	0,5	100,0	0,7	140,0
-1	Combustible		X		Trasiego	Bombas	220 V ac	2	1	550	1100	1	0,5	550,0	0,3	165,0	0,3	165,0	0,8	440,0	0,8	440,0	0,0	0,0	0,2	110,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Combustible		X		Trasiego	Purificadoras	220 V ac	1	1	700	700	1	1	700,0	0,9	630,0	0,9	630,0	0,8	560,0	0,8	560,0	0,3	210,0	0,2	140,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	Achique y CI				Achique cámara de maquinas	Bombas	24 V ac	2	2	350	700	1	0,5	350,0	0,2	70,0	0,1	35,0	0,1	35,0	0,1	35,0	0,2	70,0	0,2	70,0	0,5	175,0	0,5	175,0
-1	Achique y CI			X	Achique cámara de maquinas	Bombas emergencia	24 V ac	1	1	350	350	1	1	350,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	140,0	0,4	140,0	
-1	Agua sanitaria y sucia				Generador de agua dulce	Generador de agua dulce	220 V ac	1	1	1200	1200	1	0,33	396,0	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2	0,7	277,2
-1	Agua sanitaria y sucia				Agua sanitaria	Bomba de agua dulce	220 V ac	2	1	1900	3800	1	0,5	1900,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0	0,5	950,0
-1	Agua sanitaria y sucia				Agua sanitaria	Bomba de grifos a presión	220 V ac	2	1	250	500	1	0,5	250,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0	0,5	125,0
-1	Agua sanitaria y sucia				Agua sanitaria	Bomba de circulación de agua caliente	220 V ac	2	1	100	200	1	0,5	100,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0	0,1	10,0
-1	Agua sanitaria y sucia				Agua sanitaria	Calentador de agua	220 V ac	1	1	5500	5500	1	1	5500,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0	0,5	2750,0
-1	Agua sanitaria y sucia		X		Agua Sucias	Greywater y aguas residuales	220 V ac	2	1	350	700	1	0,5	350,0	0,7	245,0	0,7	245,0	0,3	105,0	0,3	105,0	0,3	105,0	0,3	105,0	0,3	105,0	0,3	105,0
-1	Ventilación y climatización				Salón principal	Fan coil	220 V ac	1	1	280	280	1	1	280,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0
0	Ventilación y climatización				Comedor	Fan coil	220V ac	2	1	280	560	1	1	560,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0	0,5	280,0
0	Ventilación y climatización				Cabina de mando	Fan coil	220 V ac	1	1	280	280	1	1	280,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0
-1	Ventilación y climatización				Salón secundario	Fan coil	220V ac	1	1	280	280	1	1	280,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0

-1	Ventilación y climatización			Servicio secundario	Fan coil	222 V ac	1	1	280	280	1	1	280,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0																																																			
-1	Ventilación y climatización			Servicio principal	Fan coil	220V ac	1	1	280	280	1	1	280,0															0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0																																					
-1	Ventilación y climatización			Cocina	Fan coil	220 V ac	1	1	280	280	1	1	280,0																													0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0																							
-1	Ventilación y climatización			Dormitorio tripulacion	Fan coil	220V ac	1	1	280	280	1	1	280,0																																											0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0	0,5	140,0									
-1	Ventilación y climatización			Servicio principal	Fan coil	220 V ac	1	1	280	280	1	1	280,0															0,8	9200,0	0,8	9200,0	0,3	3450,0	0,4	4600,0	0,7	8050,0	0,7	8050,0	0,3	3450,0	0,3	3450,0																																			
-1	Ventilación y climatización			Sala máquinas	Fan coil	220 V ac	1	1	11500	11500	1	1	11500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0	1,0	5500,0																	1,0	5500,0																																	
0	Fondeo y amarre			Fondeo	Molinete	24 V ac	1	1	1250	1250	1	0,5	625,0																																	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	250,0	0,4	250,0	0,8	500,0	0,7	437,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																
0	Fondeo y amarre			Amarre	Cable estantes	220 V ac	1	1	3500	3500	1	0,5	1750,0																																																		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	875,0	0,5	875,0	0,5	875,0
-1	Audio y video			principal	Televisiones	230 V ac	1	1	50	50	1	0,6	30,0																																																																	
-1	Audio y video			Dormitorio principal	Equipos de sonido	230 V ac	1	1	150	150	1	0,8	120,0	0,5	60,0	0,5	60,0	0,1	12,0	0,2	24,0	0,5	60,0	0,4	48,0	0,3	36,0	0,5	60,0																																																	
0	Audio y video			Salón	Televisiones	230 V ac	1	1	250	250	1	0,6	150,0																	0,4	60,0	0,6	90,0	0,4	60,0	0,2	30,0	0,6	90,0	0,6	90,0	0,5	75,0	0,6	90,0																																	
0	Audio y video			Salón	Equipos de sonido	230 V ac	1	1	150	150	1	0,8	120,0																																	0,5	60,0	0,5	60,0	0,1	12,0	0,2	24,0	0,5	60,0	0,4	48,0	0,3	36,0	0,5	60,0																	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Punte-consola	AIS	24 V dc	1	1	30	30	1	1	30,0																																																	1,0	30,0	1,0	30,0	1,0	30,0	1,0	30,0	1,0	30,0	1,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Punte-consola	Piloto automático	24 V dc	1	1	70	70	1	1	70,0	0,9	63,0	0,9	63,0	0,9	63,0	0,7	49,0	0,7	49,0	0,7	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0																																																	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Radar	Antena	24 V dc	1	1	150	150	1	1	150,0																	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0	1,0	150,0																																	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Operador de datos	Ordenador	24 V dc	1	1	250	250	1	1	250,0																																	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0	1,0	250,0																	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Data	PLC	24 V dc	1	1	40	40	1	1	40,0																																																	1,0	40,0	1,0	40,0	1,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0	Navegación y comunicaciones	X		Axuliar	Estación climatica	24 V dc	1	1	10	10	1	1	10,0	0,8	8,0	0,8	8,0	1,0	10,0	1,0	10,0	0,2	2,0	0,2	2,0	0,2	2,0	0,2	2,0																																																	
0	Navegación y comunicaciones	X		Axuliar	Limpia parabrisas	24 V dc	1	1	60	60	1	1	60,0																	0,2	12,0	0,2	12,0	0,2	12,0	0,2	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																																	
0	Navegación y comunicaciones	X	X	Punte-consola	Sonda	24 V dc	1	1	80	80	1	1	80,0																																	0,9	72,0	0,9	72,0	0,9	72,0	0,7	56,0	0,7	56,0	0,7	56,0	0,9	72,0	0,9	72,0																	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Radio VHF	24 V dc	2	1	38	76	1	1	76,0																																																	0,9	68,4	0,9	68,4	0,9	68,4	0,7	53,2	0,7	53,2	0,7	53,2	0,9	68,4	0,9	68,4	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Radio HF	24 V dc	1	1	40	40	1	1	40,0	0,9	36,0	0,9	36,0	0,9	36,0	0,7	28,0	0,7	28,0	0,7	28,0	0,9	36,0	0,9	36,0																																																	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Radio LF	24 V dc	1	1	45	45	1	1	45,0																	0,9	40,5	0,9	40,5	0,9	40,5	0,7	31,5	0,7	31,5	0,7	31,5	0,9	40,5	0,9	40,5																																	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Luces navegación	24 V dc	4	4	7	28	1	1	28,0																																	0,5	14,0	0,8	22,4	0,7	19,6	0,8	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Bocina	24 V dc	1	1	60	60	1	1	60,0																																																	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	18,0	0,3	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0	Navegación y comunicaciones		X	Punte-consola	Radio VLF/ULF	24 V dc	1	1	40	40	1	1	40,0	0,9	36,0	0,9	36,0	0,9	36,0	0,7	28,0	0,7	28,0	0,7	28,0	0,9	36,0	0,9	36,0																																																	
-1	Protección contra incendios	X	X	Contra incendios	Bomba de sentina	220 V ac	1	1	850	850	1	1	850,0																	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0	0,5	425,0																																	
-1	Protección contra incendios	X	X	Contra incendios	Bomba de lodo	220 V ac	2	1	3000	6000	1	1	6000,0																																	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	3000,0	0,5	0,0																	
-1	Tomas			Fuerza	Enchufes salón principal	220 V ac	2	2	3520	7040	0,6	0,6	2534,4																																																	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	
-1	Tomas			Fuerza	Enchufes dormitorio principal	220 V ac	2	2	3520	7040	0,6	0,6	2534,4	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1																																																	
-1	Tomas			Fuerza	Enchufes dormitorio tripulación	220 V ac	2	2	3520	7040	0,6	0,6	2534,4																	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,9	2281,0	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1	0,7	1774,1																																	
-1	Tomas			Fuerza	Enchufes cuarto secundario	220 V ac	3	3	3520	10560	0,6	0,6	3801,6																																	0,9	3421,4	0,9	3421,4	0,9	3421,4	0,7	2661,1	0,7	2661,1	0,7	2661,1	0,7	2661,1	0,7	2661,1																	
-1	Tomas			Fuerza	Enchufes sala de máquinas	220 V ac	4	4	3520	14080	0,6	0,6	5068,8																																																	0,9	4561,9	0,9	4561,9	0,9	4561,9	0,7	3548,2	0,7	3548,2	0,7	3548,2	0,7	3548,2	0,7	3548,2	

ANEXO VI

PANEL SOLAR 275W 60 CÉLULAS POLICRISTALINO

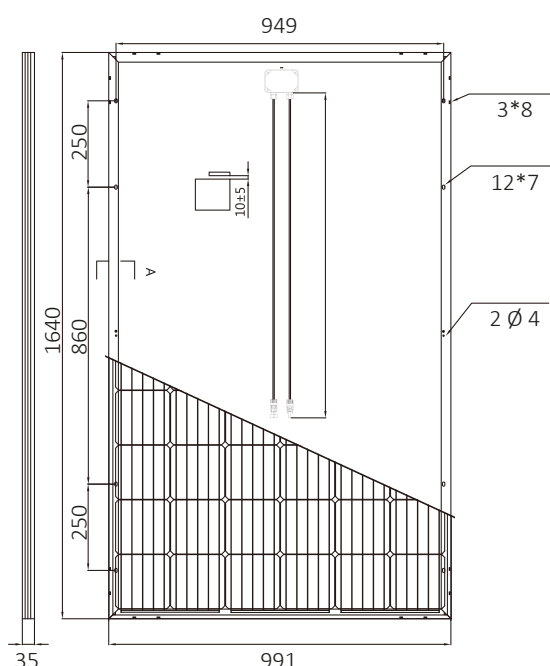
BSP275P

Características

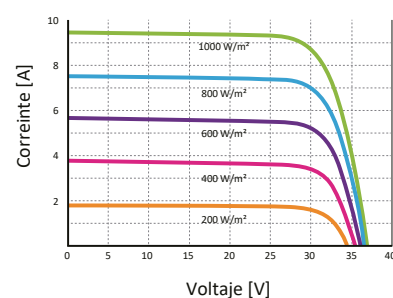
Tamaño del módulo	1640 x 991 x 35 mm
Células	60 piezas policristalinas (152 x 152 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	275W
Cable	100cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	38.14V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.2A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	31.87V
Intensidad a máxima potencia (Im)	8.63A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.05%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.33%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.41%
Temperatura normal trabajo célula	43°C
Eficiencia del módulo	16.9%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	18.2Kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



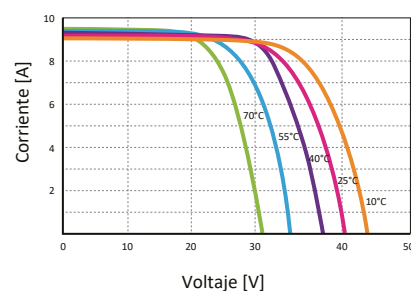
Esquemas



Curvas

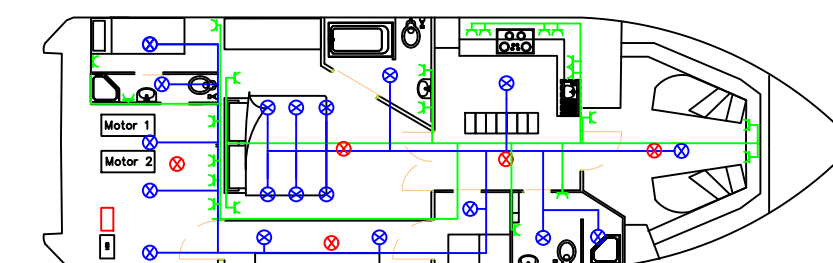
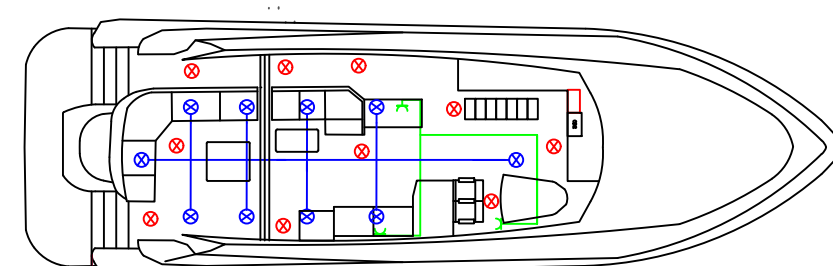
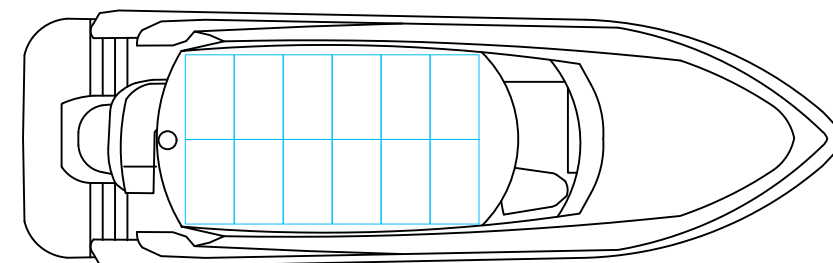
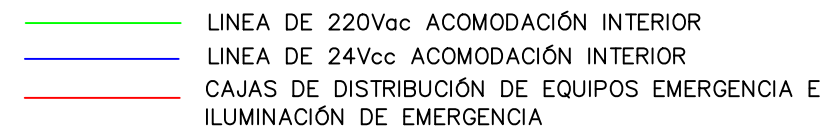










Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1.000W/m²

ANEXO VII

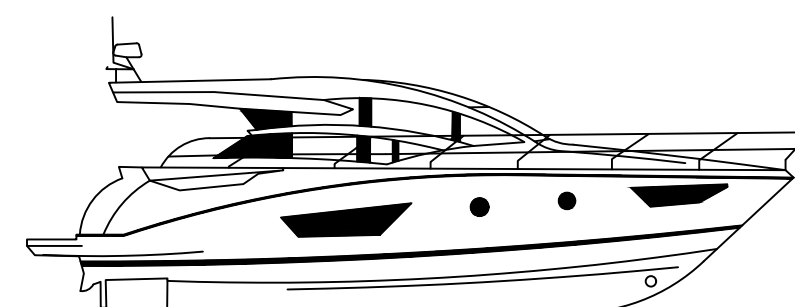


Leyenda	
	Transformador
	Convertidor de CA/CA
	Rectificador : Convertidor de CA/CC
	Convertidor de CC/CC
	Placas solares (PV)
	Interruptor
	Bombilla
	Conector hembra

Eslora total: 15,95m
 Manga total: 4,97m
 Calado(max):1,16m
 Altura sobre flotación: 5.34m
 Capacidad de agua: 400L
 Desplazamiento en rosca CE:
 16849.3Kg



Autor: Lola Rosa Checa



FORMATO

A3

Dibujado

e| 01 /04 /2019

Nº Plano:

Aprobado

e| 07/04/2019

Pasado	AutoCAD
--------	---------

	el 14/04/2019
--	---------------

ANEXO VIII

DATASHEET SUPER B 160E-ZC

SB12V160E-ZC

The SB12V160E-ZC is a Lithium Iron Phosphate rechargeable battery with a rated capacity of at least 160Ah. The unique combination of state-of-the art technology and smart software makes this lithium battery a robust, safe and easy to use energy storage solution.

Compared to conventional lead-acid batteries, the SB12V160E-ZC battery offers an enormous weight and space saving. It is very efficient, has extremely high performance and is maintenance free.

FEATURES

- Traction battery
- Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄): safe lithium technology
- Integrated BMS (Battery-Management system); external interruption device needed
- Glass fiber reinforced plastic (GRFP) Casing, Aluminum / PE sandwich side panels
- Terminals for 2 x 95mm² wire connection per terminal
- Integrated fuse, 72V / 500A
- Wired communication interface: CANopen
- Battery monitoring / History Storage
- Adaptive cell balancing
- Configurable in serial or parallel connection- Output for bi-stable relay / latching relay



PERFORMANCE



High capacity



Low weight



High cycle count



Low maintenance



Fast Charging



High discharge current, 3C continuous, 5C pulse (10 sec)

SAFETY

Super B batteries are based on Lithium Iron Phosphate technology (LiFePO₄). This is the safest Lithium technology available today. On top of that our bespoke casing and electronics further increase safety and durability.

ENVIRONMENT

Super B batteries do not contain lead. The LiFePO₄ technology is an environmental-friendly energy storage solution.

3-YEAR WARRANTY

Super B's 3-year warranty offers the best peace of mind. It is the benefit of years of continuous engineering improvement and proven experience with all of our batteries in the harshest environments.



USE

Make sure to always use an external disconnect device when using this battery.

Please take the following advices into account while using the battery.

1. The protection relay absolutely must be in place before any other components may be connected to the Super B battery. Never

connect to the Super B battery directly as this may damage it.

2. For any modifications contact your local dealer.
3. Make sure the state of charge is above 20% during storage at all times and maintain the battery according the manual instructions.
4. Never use a booster on the Super B Battery.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

SKU/EAN13	8718531360570
Battery designation	IEC 61960: 4IFpP85/170/245
Height (mm)	314 (+/-1)
Diameter (mm)	NA
Width (mm)	417 (+/- 1)
Thickness (mm)	227 (+/- 1)
Open circuit voltage	13,2V
Nominal voltage	12,9V
Charge method	CCCV
Charge voltage	14,3...14,6V
Charge current	160A
End of discharge voltage	8V
Discharge current continuous	480A (3C)
Discharge current (10 seconds)	800A (5C)
Weight	26,9kg (+/- 0.250 kg)
Recommended charge temperature range	0°C to +45°C*
Discharge operating temperature range	-10°C to +55°C
Short term storage temperature range	-20°C to +45°C
Long term storage temperature range	-10°C to +20°C

*Charging below 0 °C only with reduced charge current. This might result in degraded cycle life.